

طراحی مدل تکاملی زیست‌بوم بازار برق ایران با رویکرد هم‌آفرینی در زنجیره ارزش صنعت برق

علیرضا خدابنده

دانشجوی دکتری مدیریت بازرگانی گرایش سیاستگذاری سازمانی دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران

محسن مرادی *

دانشیار گروه مدیریت، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران

سیدمرتضی غیور باغبانی

استادیار گروه مدیریت، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران

داوود منظور

استاد گروه مدیریت، دانشگاه امام صادق (ع)، تهران، ایران

<https://doi.org/10.22067/tmj.2025.91049.1641>

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زیست‌بوم بازار برق را می‌توان محیطی دانست که بازیگران مختلف صنعت برق تبادلات مالی عمده‌ای را با یکدیگر دارند. علاوه بر تعاملات اقتصادی و مالی، این بازیگران به‌انحای مختلفی به هم‌آفرینی ارزش در حوزه‌های مختلف سیاسی-قانونی، اجتماعی-زیست‌محیطی و فنی دارند. در این پژوهش پس از مروری بر ادبیات موضوع، بازیگران و دامنه‌های بازیگری زیست‌بوم بازار برق ایران شناسایی شد؛ سپس نقشه‌های شناختی تعاملات بازیگران ترسیم شد و با وزندهی به حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش، نقشه شناختی تجمیعی این تعاملات بدست آمد. با استفاده از مصاحبه نیمه‌ساختاریافته پیشران‌های تکاملی این زیست‌بوم شامل سیاست‌گذاری تشویقی با تأکید بر بهره‌وری انرژی، خصوصی‌سازی و اصلاح فرایندهای گردش مالی و نقدینگی، ناترازی در تولید و مصرف برق، تسهیلگری در تعاملات کلان، توسعه سازوکارهای بازار برق و سرانجام تحریم‌ها و محدودیت‌ها شناسایی شد. با اعمال تأثیر این پیشران‌ها بر گره‌های گراف نقشه شناختی تجمیعی و تحلیل حساسیت آن با استفاده از روش ارزش پایدار ماتریس، نقشه شناختی مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج تحلیل حساسیت مدل ریاضی بدست‌آمده از زیست‌بوم صنعت برق ایران نشان می‌دهد، ناترازی در تولید و مصرف برق که یک پیشران مرکزگرا است بیشترین تأثیر را در انقباض زیست‌بوم و توسعه سازوکارهای بازار برق که یک پیشران مرکزگریز است، بیشترین تأثیر را در پویایی زیست‌بوم خواهد داشت. در پایان راهکارهایی برای بهبود شرایط زیست‌بوم با تغییر در این دو پیشران اساسی داده شده است.

کلیدواژه‌ها: مدل تکاملی، زیست‌بوم بازار برق ایران، حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش، پیشران‌های تکاملی، نقشه‌های شناختی، ارزش پایدار ماتریس.

* نویسنده مسئول: Moradi@imamreza.ac.ir

مقدمه

زیست بوم بازار برق که بخش مهمی از تبادلات اقتصادی صنعت برق در آن جریان دارد، نقش مهمی را در پویایی صنعت برق ایفا می کند. با توجه به تجدیدساختار ایجاد شده در صنعت برق ایران، زیست بوم بازار برق ایران نیز دچار تغییرات مناسبی در جهت افزایش رقابت شده است، هر چند به دلایلی که در این مقاله به آن اشاره شده است، تهدیدها و فرصت های بسیاری پیش روی این زیست بوم قرار دارد که می تواند پویایی و حتی پایداری زیست بوم را با چالش مواجه سازد. هدف این مقاله طراحی مدل تکاملی زیست بوم بازار برق ایران با رویکرد هم آفرینی در زنجیره ارزش صنعت برق است. برای این طراحی این مدل بایستی سه بعد مختلف یعنی بازیگران زنجیره ارزش، پیشران های تکاملی زیست بوم بازار برق ایران و حوزه های که در آن هم آفرینی ارزش صورت می پذیرد را شناسایی نمود تا نگاهی اولیه مدل بدست آید؛ سپس با بررسی نحوه اثربخشی پیشران ها بر بازیگران در حوزه های هم آفرینی ارزش، مدل را تحلیل نمود.

نخست باید بازیگران زیست بوم زنجیره ارزش صنعت برق شناسایی شوند، به عبارت دیگر بعد نخست مدل بازیگران زیست بوم خواهند بود؛ باتوجه به شرایط تجدیدساختار، بازیگران متفاوتی می تواند در این زیست بوم به ایفای نقش پردازند. به طور سنتی سه بخش تولید، انتقال و توزیع در این زنجیره تأمین حضور داشته اند که تا حدود زیادی از یکدیگر مستقل بوده اند. سازنده، مالک و بهره بردار هر یک از این سه بخش نیز معمولاً دولت بود. برای درک تجدید ساختار ابتدا بایستی به مبانی اقتصادی و اجتماعی آن پرداخت. تأمین برق در شرایط تجدیدساختار یک فعالیت فنی-اقتصادی در بازار نیمه آزاد محسوب می شود که در آن بایستی بهره بردار شبکه از قیود فنی برای پایداری شبکه مطمئن باشد و همچنین تولیدکنندگان و مصرف کنندگان برق و خدمات جانبی شبکه بتوانند در یک شرایط منصفانه، به دادوستد انرژی و سایر خدمات پردازند. معمولاً در حالت تجدیدساختار یافته، بیشتر برای مشترکین خانگی، سقف قیمتی به روش دستوری بوده و برای سایر مشترکین، تأمین برق تابع قیمت گذاری بازار بر اساس عرضه و تقاضا است. یکی از مهم ترین موضوعات مدل سازی زیست بوم، انتخاب بازیگران و تعیین مرزهای زیست بوم است. مرزهای زیست بوم بازار برق ایران را می توان بسیار گسترده تصور کرد تا جاییکه شامل همه مشترکین، صنایع وابسته و حتی تأمین کنندگان مختلف دانست. خوشبختانه برای رهایی از این چالش استاندارد مناسب «استاندارد چارچوب و نقشه راه تبادلات شبکه هوشمند» توسط نهاد ملی استاندارد و تکنولوژی آمریکا توسعه یافته است (Gopstein et al., 2021). این استاندارد توصیه می کند برای مدل سازی زیست بوم صنعت برق از بازیگران اصلی زیرمجموعه و همچنین دامنه هایی استفاده کرد که هر

در برگیرنده بازیگران مختلفی هستند ولی می‌توان آن‌ها را در تعامل با بازیگران زیرمجموعه دامنه اصلی یعنی بازار به صورت یک موجودیت فرض نمود.

دوم چون مدل تکاملی است بایستی نیروها یا پیشران‌هایی را شناسای نمود که در تکامل زیست‌بوم نقش آفرینی می‌کند، پس بعد دوم شامل شناسایی پیشران‌های تکاملی زیست‌بوم می‌شود. پایداری زیست‌بوم نتیجه تعادل ظریف بین پیشران‌هایی است که از یک سو فعالیت‌های ارزش آفرینی را به سمت یکپارچگی شرکت‌ها و همکاری همانند یک شرکت واحد سوق می‌دهند که باعث کاهش رقابت و حتی اضمحلال زیست‌بوم می‌شوند و از سوی دیگر پیشران‌هایی که فعالیت‌های ارزش آفرینی را از طریق مسیرهای واگرایی به بازار و رقابت سوق می‌دهد و باعث پویایی زیست‌بوم می‌شوند. همواره هم‌آفرینی ارزش در زیست‌بوم تحت تنش، تغییر و رسیدن به نقطه تکاملی جدید از سمت این دو نوع پیشران قرار دارد (Holgersson et al., 2022). بنابراین شناخت این پیشران‌هایی که باعث تکامل زیست‌بوم می‌شوند بسیار مهم خواهد بود.

بعد سوم نیز همانگونه که بیان شد، حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش در زنجیره ارزش صنعت برق خواهد بود، به عبارت دیگر گام سوم شناخت حوزه‌هایی است که زیست‌بوم بازار برق به هم‌آفرینی ارزش می‌پردازد. در نظریه زیست‌بوم کسب و کار، به‌ویژه زیست‌بوم خدمات، هم‌آفرینی ارزش به‌خوبی برای درک تعاملات بین بازیگران تشریح شده‌است. هم‌آفرینی ارزش در حقیقت در اثر احساس نیاز به تلاش‌های مشترک و تعامل بین بازیگران در زیست‌بوم به وجود می‌آید. هم‌آفرینی ارزش یک استراتژی همه‌جانبه ائتلافی برای ارزش‌هایی مانند نوآوری، افزایش بهره اقتصادی و بهبود عملکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کسب و کارهای درون یک زیست‌بوم است. مطالعات نشان می‌دهد هم‌آفرینی ارزش‌های غیرمستقیمی مانند اطمینان میان بازیگران یک زیست‌بوم، خود باعث افزایش عملکرد زیست‌بوم شده و در یک بازخورد مثبت می‌تواند هم‌آفرینی مستقیم مانند کالا و خدمات را افزایش دهد علاوه بر این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که جذابیت ارزش‌های خلق شده در هم‌آفرینی ارزش بازیگران زیست‌بوم می‌تواند پای بازیگران جدیدی را به زیست‌بوم باز کند که خود بر پویایی و عملکرد زیست‌بوم تأثیر مثبت دارد (Palumbo et al., 2017; Shou et al., 2022; Pop et al., 2018).

در این مقاله پس از مقدم، در بخش دوم مروری کوتاه بر ادبیات موضوع شده و سپس در بخش سوم روش پژوهش شرح داده می‌شود. بخش چهارم نتایج این پژوهش را نشان می‌دهد و بخش پنجم و پایانی

این مقاله به بحث و نتیجه گیری و همچنین بیان محدودیت‌ها و پیشنهادهایی برای پژوهش بیشتر اختصاص دارد.

پیشینه پژوهش

ساشا و همکاران (۲۰۲۴) معتقدند تحول دیجیتال به طور قابل توجهی چشم انداز کسب و کار را تغییر داده است و تأثیر زیادی بر مدل‌های کسب و کار سنتی گذاشته است. نتایج پژوهش این محققین نشان داد که نوآوری فناوری، تغییر رفتار مصرف کننده و نیاز به کارایی عملیاتی، محرک‌های کلیدی تحول دیجیتال هستند. این نویسندگان همچنین بر اهمیت استراتژی‌های سازگاری و توسعه شایستگی دیجیتال برای موفقیت در عصر دیجیتال تأکید می‌کند. یافته‌های این پژوهشگران می‌تواند به درک پویایی تغییر مدل کسب و کار در عصر تحول دیجیتال کمک کند (Sacha et al., 2024).

سودین، لیلبرگ و موتر (۲۰۲۴) با اشاره به فشار رقابتی فزاینده ای برای تقویت زیست‌بوم‌های تجاری به تولیدکنندگان معتقدند، مدیریت چنین زیست‌بوم‌هایی در محیط‌های پیچیده درون سازمانی و درون سازمانی مستلزم تغییر عمیق و در عین حال کمی درک شده در نقش و قابلیت‌های عملکردهای درون سازمانی است. یافته‌های این محققین سه مجموعه از قابلیت‌های مهم برای مدیریت زیست‌بوم را برجسته می‌کند: آینده‌نگری زیست‌بوم، یکپارچه‌سازی زیست‌بوم، و حاکمیت زیست‌بوم. به اعتقاد این نویسندگان پویایی در مدیریت زیست‌بوم باعث افزایش اثربخشی مدیریت استراتژیک زیست‌بوم‌های در حال تکامل می‌کند (Sjodin et al., 2024).

دیموند و همکاران (۲۰۲۳) معتقدند درحالی‌که مفهوم زیست‌بوم در سال‌های اخیر در ادبیات استراتژی محققین و متخصصان برجسته شده‌است، می‌توان پژوهش‌های بیشتری را برای ایجاد پل بین این دو جامعه انجام داد. در این تحقیق از دیدگاه «معماران زیست‌بوم» که بازیگران بخش خصوصی یا دولتی هستند و علاقه‌مند به پرورش و توسعه یک زیست‌بوم معین به عنوان یک کل هستند، بررسی شده‌است. برای انجام این کار، مقالات کلیدی منتشر شده در مجلات انجمن مدیریت استراتژیک گردآوری و بررسی شده و چهار استراتژی برای ایجاد شرایطی متناسب با زیست‌بوم و مرحله توسعه آن پیشنهاد گردیده‌است. همچنین این بررسی نشان می‌دهد درحالی‌که ادبیات موجود بر ظهور و تکامل زیست‌بوم‌ها تمرکز دارد، مطالعات بسیار کمی زوال آنها را بررسی می‌کند (Daymond et al., 2023).

فلین و فوس (۲۰۲۳) مطالعه‌ای را در خصوص ریز مبنای زیست‌بوم‌ها با تمرکز بر رشد شرکت و توانمندی مبتنی بر نظریه‌های موجود انجام داده‌اند. بنا به استدلال این نویسندگان نظریه‌های ویژه‌ای در خصوص

شرکت‌ها برای درک ظهور و تکامل زیست‌بوم‌ها حیاتی هستند. این محققین ابتدا نشان می‌دهند که چگونه تحقیقات موجود در مورد زیست‌بوم‌ها فاقد پایه‌های خرد است و تمایل بیشتری به ساختارگرایی بی‌مورد دارند. در همین راستا، این مطالعه بر نقشی که نظریه ارزش در توسعه قابلیت و رشد زیست‌بوم‌ها ایفا می‌کند، تمرکز می‌کند. به‌زعم این نویسندگان زیست‌بوم‌ها بر پایه تئوری ارزش ساختاردهی می‌شوند. همچنین در این مطالعه رویکردهای مبتنی بر جستجو و مبتنی بر تقاضا به زیست‌بوم‌ها موردبحث قرار می‌گیرد و سعی می‌شود یک تئوری جایگزین مبتنی بر عرضه پیشنهاد گردد (Felin & Foss, 2023).

لیو، آرون و کو (۲۰۲۳) مطالعه‌ای را در خصوص نوآوری خدمات در زیست‌بوم‌های کسب‌وکار انجام دادند. به نظر این نویسندگان یک زیست‌بوم کسب‌وکار از یک شرکت مرکزی (رهبر زیست‌بوم) و جامعه‌ای از شرکت‌های بازیگر تشکیل شده‌است. این مقاله باتکیه بر دیدگاه مبتنی بر منابع موجود در زیست‌بوم و ادبیات زیست‌بوم کسب‌وکار، عواملی را توضیح می‌دهد که به نوآوری خدمات یک شرکت به‌عنوان بازیگر زیست‌بوم کمک می‌کنند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که هم رقابتی باارزش‌تر از اهداف مشترک در بهبود نوآوری خدمات یک بازیگر - شرکت است. هم رقابتی زمانی ناکارآمد است که قدرت پاداش شرکت مرکزی بالا باشد، درحالی‌که اهداف مشترک زمانی سودمندتر هستند که قدرت مستقیم شرکت رهبر بالا باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که شرکت‌های رهبر باید در مورد تلاش‌های خود برای پرورش اهداف مشترک، هم رقابتی و قدرت بین شرکتی برای ارتقای نوآوری خدمات احتیاط کنند. به‌طور کلی، این مطالعه دیدگاه مبتنی بر منابع با تأکید بر اینکه اهداف مشترک و رقابت به یک شرکت فعال اجازه می‌دهد منابع مهمی را از روابط زیست‌بوم خود با سایر شرکت‌های بازیگر برای تسهیل نوآوری خدمات به دست آورد، ارتقا می‌دهد (Liu et al., 2023).

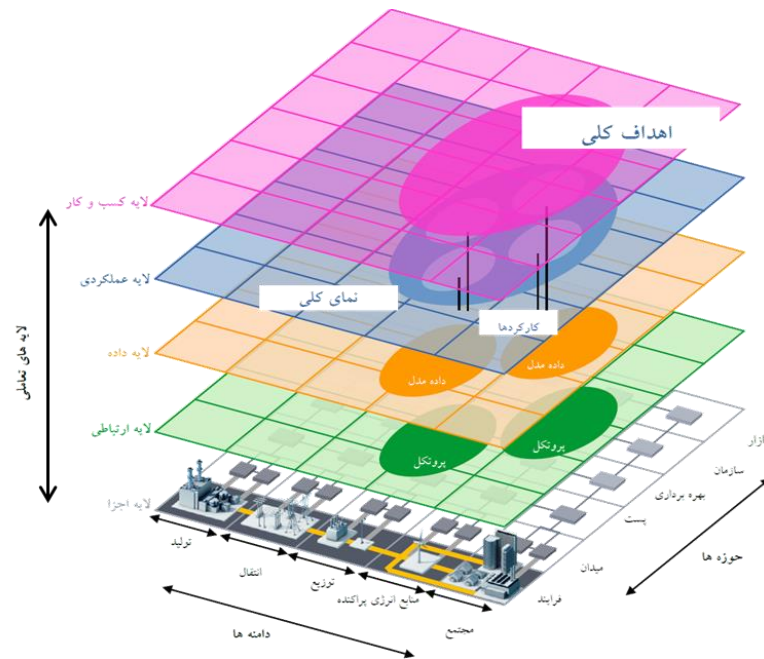
اسپینا-رومرو و همکاران (۲۰۲۲) با مطالعه جامعی که بر روی مقالات معتبر چاپ شده در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ در حوزه زیست‌بوم کسب‌وکار انجام داده‌اند چنین نتیجه‌گیری می‌کنند که نه موضوعی که بیشترین توجه را در این حوزه به خود اختصاص داده‌اند عبارت‌اند از: زیست‌بوم‌های نوآوری، زیست‌بوم‌های مشارکتی، زیست‌بوم‌های تجاری پایدار، زیست‌بوم‌های کسب‌وکار دیجیتال، زیست‌بوم‌های اینترنت اشیا، زیست‌بوم‌های چرخشی در شرکت‌ها، چارچوب‌های نظارتی برای زیست‌بوم‌های کسب‌وکار دیجیتال، انعطاف‌پذیری زیست‌بوم‌های تجاری، و زیست‌بوم‌ها در شهرهای هوشمند. شش موضوع کمتر بررسی شده برای تحقیقات آینده از دیدگاه این نویسندگان شامل صنایع مرتبط با فناوری اطلاعات،

قراردادهای هوشمند، وسایل نقلیه الکتریکی، بازی‌ها، انرژی و بلاک‌چین می‌شود (Espina-Romero et al., 2022).

محیط خارجی پیش روی هر سازمانی هم از محیط کلان و هم از محیط رقابتی تشکیل شده است. محیط رقابتی شامل صنعت و بازارهایی است که سازمان‌ها در آن رقابت می‌کنند بنابراین می‌توان ادعا نمود که این محیط، بخشی از مفهوم زیست‌بوم که تا حد زیادی توسط خود سازمان قابل مدیریت است. در مقابل، محیط کلان اغلب به عنوان محیط عمومی نامیده می‌شود، زیرا تغییراتی که در این بخش رخ می‌دهد تأثیری فراتر از خود سازمان خواهد داشت و محیطی است که بایستی سازمان‌ها علاوه بر رقابت، به هم‌آفرینی ارزش با یکدیگر بپردازند که منطبق با حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش موردنظر این پژوهش است. یک ابزار مفید هنگام اسکن محیط کلی زیست‌بوم، تجزیه و تحلیل PESTLE است که به عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فنی، قانونی و زیست‌محیطی اشاره دارد. شایان ذکر است که برخی از محققین عوامل قانونی و محیطی را حذف می‌کنند و ترجیح می‌دهند مخفف را به PEST محدود کنند. مهم نیست که از PESTLE یا PEST استفاده شود، بلکه مهم این است که دانست چگونه می‌توان از این چارچوب استفاده کرد و از محدودیت‌های آن آگاه بود (Henry, 2021). در این پژوهش عوامل قانونی و سیاسی با هم یک حوزه و عوامل اجتماعی و زیست محیطی با یکدیگر حوزه دیگری را به وجود آورده اند بدون اینکه هیچکدام را حذف نمود.

روش شناسی

با توجه به اینکه مدل مورد نظر این پژوهش از سه بعد تشکیل شده است، از مدلی شبیه به مدل استاندارد SGAM البته با رویکردی نسبتاً متفاوت برای نگاشت سه بعد این زیست‌بوم استفاده شد. مدل استاندارد SGAM در شکل (۱) نمایش داده شده است. همانطور که در شکل مدل استاندارد SGAM شامل دامنه‌های بازیگری، حوزه‌های بازیگری و سطوح تعامل می‌شود. برای نگاشت و نمایش بصری مدل هدف این پژوهش، که شامل ابعاد سه گانه بازیگران، پیشران‌های تکاملی و حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش است، از مدلی مشابه با SGAM استفاده می‌شود.



شکل ۱: مدل معماری شبکه هوشمند

برای شناخت بازیگران و دامنه‌های بازیگری زیست‌بوم بازار برق ایران از مصاحبه نیمه‌ساختاریافته استفاده شد. در این مصاحبه با ارائه مدل استاندارد NIST به مشارکت کنندگان، از آن‌ها خواسته شد تا به صورت تطبیقی و اصلاحی بازیگران و دامنه‌های بازیگری زیست‌بوم بازار برق ایران شناسایی شود. شناسایی پیشران‌های تکاملی زیست‌بوم صنعت برق ایران با استفاده از تحلیل مضمون مصاحبه نیمه‌ساختاریافته انجام شد. برای انجام و تحلیل مصاحبه نیمه‌ساختاریافته از روش پیشنهادی آدوی-اولاتونده و اولنیک (۲۰۲۱) شامل هفت مرحله اصلی، که هر مرحله شامل مراحل فرعی است استفاده شد؛ جدول (۱) این مراحل را نشان می‌دهد (Adeoye-Olatunde & Olenik, 2021).

جدول (۱): مراحل انجام مصاحبه نیمه‌ساختاریافته پیشنهادی آدوی-اولاتونده و اولنیک (۲۰۲۱)

مراحل اصلی	مراحل فرعی
ارزیابی مناسب بودن انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته: آیا این مصاحبه بهترین روش برای پرداختن به هدف(های) تحقیق است؟	ارزیابی اولیه

نمونه گیری و انتخاب مشارکت کنندگان	رویکردهای نمونه گیری
	ارتباط
طراحی جمع آوری داده ها	تهیه راهنمای مصاحبه نیمه ساختاریافته
	جمع آوری اطلاعات جمعیت شناختی مشارکت کنندگان
انجام مصاحبه، رونویسی، و انتقال و ذخیره داده ها	آماده سازی و آموزش
	نحوه مصاحبه و ملاحظات ضبط
	پیاده سازی و بررسی
	ذخیره و انتقال ایمن داده ها
تحلیل داده ها	کد گذاری و شناسایی موضوع
	ایجاد ساختار
نتیجه گیری	نتیجه گیری
گزارش نتایج	دستورالعمل های نگارشی
	نمایش داده ها

یکی از مهم ترین مراحل انجام مصاحبه نیمه ساختاریافته تحلیل داده ها است که شامل کدگذاری و شناسایی موضوع و همچنین ایجاد ساختار می شود. ایجاد ساختار به معنی اطمینان از دقت تحقیق کیفی است. این امر معمولاً از طریق نشان دادن «قابلیت اعتماد» نتایج مطالعه از طریق رویکرد تجزیه و تحلیل داده ها انجام می شود. داشتن قابلیت اعتماد یافته های کیفی شبیه به تعمیم پذیری، پایایی و اعتبار یافته های کمی است. قابلیت اعتماد شامل چهار معیار است: «اعتبار» یا اعتماد به حقیقت یافته ها، «قابلیت تعمیم» یا ارائه جزئیات کافی برای تعیین اینکه آیا یافته ها در زمینه های مختلف قابل اجرا هستند، «قابلیت اعتماد» یا تکرارپذیری یافته های و «تأییدپذیری» یا میزانی که یافته های یک مطالعه توسط مشارکت کنندگان شکل می گیرد (Lincoln, 1985).

یکی از راه های ایجاد اعتبار یافته ها از طریق بررسی مشارکت کنندگان است که به معنی بازخورد گرفتن از یافته های تحقیق از مشارکت کنندگان تحقیق به منظور بررسی صحت و تطابق آن با تجربیات آنها توصیف می شود. راه دیگر برای ایجاد اعتبار، بررسی فرایند کدگذاری است. هنگامی که تنها یک کدگذار وجود دارد، می توان یکی دیگر از اعضای تیم تحقیقاتی برای مثال استاد مشاور کدگذاری را بررسی کند. این بررسی شامل وجود جزئیات کافی در مورد شرایط مصاحبه، میزان مداخله مصاحبه کننده، نحوه جمع آوری

داده‌ها و تجزیه و تحلیل برای ارزیابی قابلیت تعمیم، قابلیت اطمینان و تأییدپذیری یافته‌ها است (Pestka et al., 2020).

در پژوهش کیفی، حجم نمونه بسته به کیفیت و کفایت داده‌های جمع‌آوری شده متغیر است. برخلاف پژوهش‌های کمی، در پژوهش کیفی، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها هم‌زمان انجام می‌شود. زمانی که هیچ کد یا مضمون جدیدی پس از چند مرحله متوالی به دست نیاید، اشباع نظری حاصل می‌شود (Patton, 2014). در این پژوهش، پس از پنج مصاحبه متوالی که هیچ کد جدیدی ارائه نشده است، کفایت مصاحبه‌ها تضمین می‌شود.

همانگونه که در بخش قبلی بیان شد، برای بعد هم‌آفرینی ارزش از حوزه‌های مقبول PEST استفاده خواهد شد. پس از اینکه سه بعد مدل بدست آمد، بایستی روابط بین این ابعاد به صورت ریاضی بیان گردد. در این پژوهش از مدلسازی شناختی فازی برای نشان دادن تعامل‌های میان بازیگران در هر یک از حوزه‌های هم‌آفرینی چهارگانه PEST استفاده می‌شود. در اینجا بازیگران، گره‌های گراف مدل شناختی هستند که میزان تعامل و اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر در هر یک از حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش به صورت یال‌های یک مدل نقشه شناختی توسط تجمیع نظر کارشناسان بدست می‌آید. برای بدست آوردن نقشه شناختی نهایی تاثیر بازیگران بر یکدیگر، چهار مدل شناختی حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش، با توجه به وزن‌هایی که توسط خبرگان داده شده، ترکیب و نقشه شناختی تجمیعی تشکیل می‌شود؛ با استفاده از این نقشه شناختی تجمیعی می‌توان مطمئن بود که تمامی جنبه‌های تعاملاتی که در حوزه‌های مختلف منجر به هم‌آفرینی ارزش می‌شوند، در نظر گرفته شده است.

پیشران‌ها نیز تاثیر خود را بر بازیگران می‌گذارند؛ این تاثیر از طریق گره‌های گراف مدل شناختی تجمیعی اعمال می‌شود. بنابراین مدل شناختی ارائه شده مدلی است که علاوه بر یال‌ها که در مدل‌های سنتی دارای مقدار است، گره‌های گراف نیز به علت تاثیرگذاری پیشران‌ها بر بازیگران دارای مقدار می‌شود و نمی‌توان از مدل‌های کلاسیک حل نقشه شناختی استفاده نمود و بایستی از سایر روش‌های تحلیل ناتریس و گراف استفاده نمود. با مرور ادبیات موضوع موجود، رویکرد ارزش پایدار ماتریس برای حل مدل انتخاب شد. این رویکرد جدید مبتنی بر تئوری گراف و جبر ماتریس است و دارای برخی ویژگی‌های مطلوب (مانند توانایی مدل‌سازی تعاملات، توانایی ساختار ساختار مسایل به صورت سلسله مراتبی و غیره) برای مدل‌سازی و حل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده است.

ارزش پایدار مشابه دترمینان ماتریس ولی با یک تفاوت اساسی است؛ در ارزش پایدار، تغییر علامت جایگشت‌ها در نظر گرفته نمی‌شود و همه به صورت مثبت محاسبه می‌شود. با توجه به این ویژگی هیچ اطلاعاتی در ارزش پایدار گم نمی‌شود. ارزش پایدار عمدتاً در ریاضیات ترکیبی استفاده می‌شوند. ارزش پایدار تعداد تطابق کامل را در یک نمودار دوبخشی توصیف می‌کند. اگر $A = (a_{ij})$ یک ماتریس $m \times n$ و $m \leq n$ باشد. ارزش پایدار A که به صورت $Per(A)$ نوشته می‌شود به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$(۱) \quad Per(A) = \sum_{\sigma} a_{1\sigma(1)} a_{2\sigma(2)} \dots a_{m\sigma(m)}$$

که در آن، ارزش پایدار A جمع تمام توابع یک به یک از $\{1, \dots, m\}$ تا $\{1, \dots, n\}$ است. دنباله $a_{1\sigma(1)}$ تا $a_{m\sigma(m)}$ یک قطر A و حاصلضرب این مقادیر حاصلضرب قطری نامیده می‌شود. بنابراین ارزش پایدار A مجموع همه حاصلضربهای مورب A است.

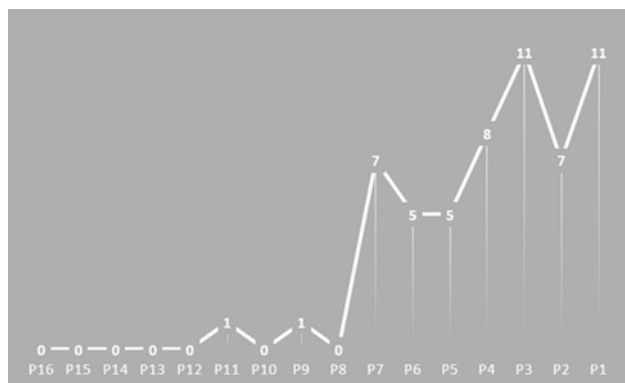
محاسبه ارزش پایدار بسیار دشوارتر از دترمینان است. دترمینان را می‌توان در محاسبات زمان افزاینده چند جمله‌ای با استفاده از حذف گاوسی محاسبه کرد، ولی ارزش پایدار را نمی‌توان با استفاده از روش‌های حذف گاوسی محاسبه کرد؛ بنابراین، محاسبه ارزش پایدار یک ماتریس اصطلاحاً P -complete است. در محاسبه ارزش پایدار ماتریس معمولاً از فرمول رایزر که در معادله زیر نشان داده شده است، استفاده می‌شود (Baykasoglu, 2014).

$$(۲) \quad Per(A) = (-1)^n \sum_{S \subseteq \{1, \dots, n\}} (-1)^{|S|} \prod_{i=1}^n \sum_{j \in S} a_{ij}$$

در سال‌های اخیر استفاده از این مفهوم برای حل مسائل چندمعیاره گسترش زیادی یافته است که در مراجع مختلفی قابل مشاهده است (Askari et al., 2023) (Hosouli et al., 2023) (Dev et al., 2024) (Sangbor et al., 2022) (Liu et al., 2016). با توجه به قدرت بالای این روش در تحلیل گراف‌ها و امکان نمایش تاثیر متقابل بازیگران به صورت‌های مثبت و منفی در این پژوهش روش مذکور انتخاب شد.

نتایج

در این پژوهش از مدل پایه شبکه هوشمند استاندارد NIST به همراه مصاحبه نیمه‌ساختاریافته برای شناخت بازیگران زیست‌بوم بازار برق ایران استفاده شد. شکل (۲) تعداد کدهای مضمونی جدید برحسب شماره مصاحبه را نشان می‌دهد. همانگونه که بیان شد با توجه به اینکه پس از مصاحبه یازدهم، از مصاحبه دوازدهم



تا مصاحبه شانزدهم هیچ کد مضمونی جدیدی وارد نشده است، لذا تعداد مصاحبه‌ها به حد کفایت رسیده است.

شکل ۲: کدهای مضمونی جدید برحسب شماره مصاحبه

در این مصاحبه‌ها معاونین و مشاور وزیر سابق، اساتید پژوهشگاه نیرو، از مسئولین اتاق بازرگانی، نویسندگان و اندیشمندان حوزه انرژی، پژوهشگران پژوهشگاه هوا و خورشید، مدیران ارشد توانیر، اساتید دانشگاه، نمایندگان از کمیسیون انرژی و برنامه و بودجه مجلس، مدیریت راهبری شبکه و هیات تنظیم بازار حضور داشتند.

همانگونه که قبلاً اشاره شد در این مدل استاندارد، بازیگران اصلی بازار برق با سایر دامنه‌های بازیگری، زیست‌بوم بازار برق را شکل می‌دهند. با جمع بندی مصاحبه‌های صورت گرفته جدول (۲) به عنوان بازیگران و دامنه‌های بازیگری زیست‌بوم بازار برق ایران به دست آمد:

جدول (۲): بازیگران و دامنه‌های بازیگری زیست‌بوم بازار برق ایران

علامت اختصاری	دامنه بازیگری	بازیگر عنوان شده	ردیف
GEx (Green Exchange)	بازار (Markets)	بورس سبز	1
OpM (Optimization Market)		بازار بهینه‌سازی	2
WhM (Wholesale Market)		بازار عمده‌فروشی	3

4	بورس انرژی		EEx (Energy Exchange)
5	هیات تنظیم مقررات بازار برق	تنظیم‌گری و مدیریت شبکه Iran Grid Management & Regulatory (Company)	RGM
	مرکز کنترل مدیریت شبکه		
	معاونت بازار برق مدیریت شبکه		
6	برق منطقه‌ای	انتقال-مشترکین عمده-توزیع (Transmission-Major Customers-Distribution)	TMD
	مشترکین بزرگ		
	خرده‌فروشی		
	توزیع برق		
7	نیروگاه‌های تولید پراکنده	تولید شامل منابع انرژی پراکنده Generation Including Distributed Energy) (Resources	GDE
	نیروگاه‌های حرارتی		
	نیروگاه‌های آبی		
	سرمایه‌گذار و تامین‌کننده مالی		
8	ساتبا	قانون‌گذار (Legislative)	Leg
	نهادهای قانون‌گذاری		
	وزارت نفت		
	دامنه آب		
	دامنه سوخت‌های فسیلی		
9	دلال‌های انرژی	ارائه‌دهنده خدمات (Service Provider)	SP
	هولدینگ‌های چندمنظوره		
	شرکت‌های دانش‌بنیان		
	شرکت‌های خدمات انرژی		
	بازار آلودگی		

همانگونه که گفته شد در این پژوهش با رویکرد کیفی و استفاده از روش مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با خبرگان صنعت برق، سیاستمداران و دانشگاهیان، از یک رهیافت هفت‌مرحله‌ای انجام و تجزیه و تحلیل مصاحبه استفاده شد. در این مطالعه ۱۸۱ کد مضمونی توسط ۱۶ مشارکت‌کننده عنوان شد که ابتدا در قالب ۵۵ پیشران پایه و سپس ۶ پیشران راهبردی دسته‌بندی شدند. این پیشران‌های راهبردی همان پیشران‌های تکاملی مدل هستند. جدول (۳) این پیشران‌ها را نشان می‌دهد.

جدول (۳): پیشران‌های پایه و راهبردی

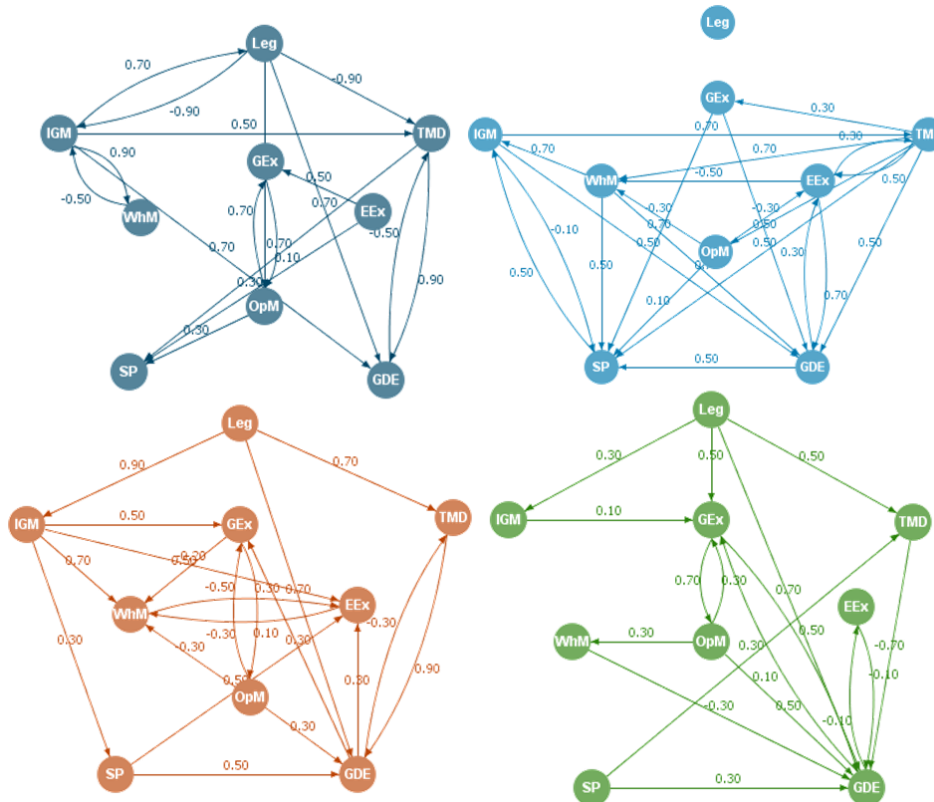
پیشران‌های راهبردی	پیشران‌های پایه (مضامین پایه)
سیاست‌گذاری تشویقی با تأکید بر بهره‌وری انرژی	مدیریت دارایی‌های فیزیکی
	پیدایش شرکت‌های دانش‌بنیان
	ترویج فرهنگ صرفه‌جویی و استفاده بهینه به‌صورت تبلیغی و قهری
	حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر
	جریمه کربن ناشی از آلاینده‌گی بالا و بهره‌وری پایین
	مدیریت بهره‌وری و بهینه‌سازی مصرف
	مشوق‌های خودارتقای بازیگران
	ورود بازیگران جدید
	تمایل سرمایه‌گذاران نیروگاهی به سمت صنایع
	ایجاد هولدینگ‌های شامل چند بازیگر با نقش‌های مختلف
	وضع قوانین مشوق سرمایه‌گذاری نیروگاهی خصوصی به ویژه تجدیدپذیر
	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها
	اجرای نامناسب تجدیدساختار
خصوصی‌سازی و اصلاح فرایندهای گردش مالی و نقدینگی	تفکیک وظایف شرکت‌های توزیع و استقلال مالی آن‌ها
	اجرای نادرست خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها
	تعارض منافع خصوصاً در شرکت‌های نیمه‌خصوصی
	تأمین انرژی به‌صورت یارانه‌ای

آزادسازی قیمت برق به منظور کاهش بین قیمت واقعی و قیمت دستوری	
تعرفه گذاری دستوری و نامناسب	
ایفای نقش های متضاد توسط یک بازیگر	
وجود قراردادهای بازارهای متکثر	
ناترازی مالی و مطالبات انباشته شده بخش خصوصی از دولت	
مکانیزم های تسهیلی برای تسریع تسویه مالی نیروگاه ها خصوصا به شکل ارزی	
قانون مانع زدایی	ناترازی در تولید و مصرف برق
کاهش سرمایه گذاری بخش دولتی و خصوصی در صنعت برق	
ناترازی بودجه صنعت برق	
اجرای نادرست قانون جبران مابه التفاوت هزینه های شرکت ها	
بالا بودن یارانه پنهان انرژی	
ناتوانی دولت در جبران خسارت بازیگران صنعت برق	
اجرای نادرست قوانین توسط دولت	
عدم قطعیت همراه با غیراقتصادی بودن سرمایه - گذاری در صنعت برق	
مقررات تشویقی و الزام آور سرمایه گذاری	
آزادسازی صادرات انرژی	
افزایش تعامل در نهادهای انرژی برق و نفت	تسهیلگری در تعاملات کلان
مکانیزم های موازی (ایفای نقش های مختلف توسط نهادهای مختلف)	
عدم شفافیت در مرز بین شرکت های دولتی و خصوصی	
نگاه سیاسی (غیراقتصادی) حاکمیت به زیست بوم صنعت برق	
ناترازی سرمایه گذاری خارجی و خروج سرمایه از	

کشور	توسعه سازوکارهای بازار برق
وابستگی شدید زیست‌بوم برق به زیست‌بوم بزرگ‌تر آب و انرژی	
عدم توجه به هم‌افزایی متقابل آب و گاز و برق یا Resource Planning Integrated	
مستقل نبودن ISO	
ایجاد مکانیسم‌های خرده‌فروشی و توسعه آن	توسعه سازوکارهای بازار برق
الزام مشترکین بزرگ به خرید انرژی از بورس با مقررات تشویقی و تنبیهی	
راه‌اندازی تابلوی سبز بورس انرژی	
یک‌طرفه بودن بازار	
ایجاد رقابت در بازار	
مکانیزم‌های نامناسب بازار برای خرید و فروش انرژی و چابک نبودن بازار	
اعمال هزینه‌های سوخت در تولید انرژی به‌صورت واقعی	
آشفته‌گی سیاست‌گذاری در صنعت برق	
تحریم به‌خصوص مالی و قطعات یدکی نیروگاهی	تحریم‌ها و محدودیت‌ها
مستقل نبودن رگولاتوری	
عدم شفافیت در درک و بیان مشکلات به مردم و مسئولین	
نگاه کوتاه‌مدت برای رفع مشکلات	
نوسانات ارزی	
زیرساخت فرسوده و ناکافی با پیش‌بینی رشد اقتصادی در مقایسه با کشورهای پیشرفته	

این پیشران‌ها شامل سیاست‌گذاری تشویقی با تأکید بر بهره‌وری انرژی، خصوصی‌سازی و اصلاح فرایندهای گردش مالی و نقدینگی، ناترازی در تولید و مصرف برق، تسهیلگری در تعاملات کلان، توسعه سازوکارهای بازار برق و سرانجام تحریم‌ها و محدودیت‌ها می‌شود.

مرحله بعد ترسیم نقشه‌های شناختی حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش مدل است. همانگونه که بیان شد در این پژوهش از حوزه‌های چهارگانه هم‌آفرینی مرسوم شامل اقتصادی، سیاسی-قانونی، اجتماعی-زیست محیطی و فنی استفاده شد که در شکل (۳) مشاهده می‌شود



شکل ۳: نقشه‌های شناختی حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش مدل (اقتصادی: بالا سمت راست، سیاسی-قانونی: بالا سمت چپ، اجتماعی-زیست محیطی: پایین سمت راست و فنی: پایین سمت چپ)

برای تعیین وزن و برهم نهی این چهار حوزه از روش AHP فازای استفاده شد. برای انجام این فرآیند نظرات پنج کارشناس خبره مشارکت کننده جمع شد. جدول (۴) وزن نهایی حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش را نشان می‌دهد.

جدول (۴): وزن نهایی حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش

وزن حوزه	حوزه هم‌آفرینی ارزش
۰.۱۴۱	تکنولوژی و توسعه زیرساخت

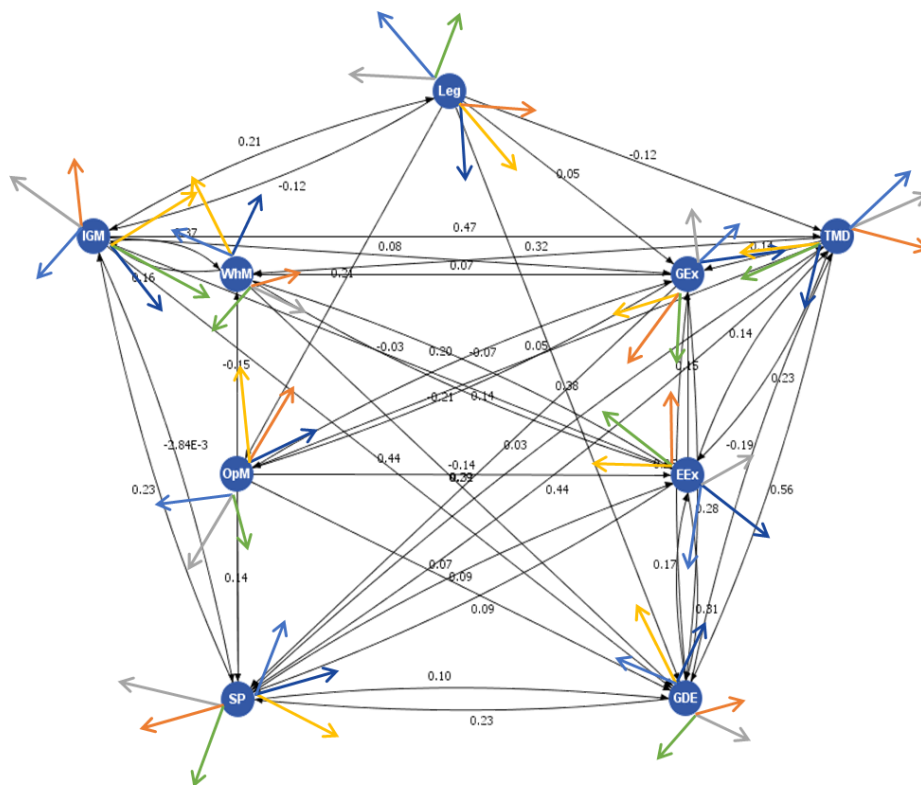
اجتماعی-زیست‌محیطی	۰.۱۰۱
اقتصادی	۰.۴۵۳
سیاسی-قانونی	۰.۳۰۵

با تجمیع وزن‌ها و اعمال آن در حوزه‌های هم‌آفرینی ارزش، ماتریس نقشه شناختی فازی تجمیعی مشخص شد که در ماتریس جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول (۵): ماتریس نقشه شناختی فازی تجمیعی

Total	GEx	OpM	WhM	EEx	IGM	GDE	Leg	TMD	SP
GEx	0.00	0.14	0.071	0	0	0.28	0	0	0.32
OpM	0.2	0.00	-0.15	-0.1	0	0.09	0	0	0.14
WhM	0	0	0.00	-0.1	0.16	0.29	0	0	0.23
EEx	0.15	0	-0.21	0.00	0	0.31	0	0.136	0.09
IGM	0.08	0	0.373	-0	0.00	0.44	0.21	0.469	-0
GDE	0.05	0	0	0.17	0	0.00	0	-0.19	0.23
Leg	0.05	0.21	0	0	-0.1	0.38	0.00	-0.12	0
TMD	0.14	0.05	0.317	0.23	0	0.56	0	0.00	0.44
SP	0	0	0	0.07	0.23	0.1	0	0.03	0.00

اکنون با لحاظ اعمال تاثیر پیشرانها بر گراف نقشه شناختی مدل تجمیعی شکل (۴) را می توان تصور نمود.



شکل ۴: نمایش گرافیک نقشه شناختی مدل تکاملی

شکل (۴) نمایش گرافیک نقشه شناختی مدل تکاملی را نشان می‌دهد که که گره‌ها (Nodes) نشان‌دهنده بازیگران و دامنه‌های بازیگری هستند و یال‌ها (Edges) روابط بین آنها را نشان می‌دهند. هر گره نشان‌دهنده یکی از بازیگران یا دامنه‌های بازیگری است که در جدول (۲) ذکر شده‌اند. در شکل (۴)؛ گره‌ها شامل بورس سبز (GEx)، بازار بهینه‌سازی (OpM)، بازار عمده‌فروشی (WhM)، بورس انرژی (EEx)، تنظیم‌گری و مدیریت شبکه (RGM)، انتقال-مشترکین عمده-توزیع (TMD)، تولید شامل منابع انرژی پراکنده (GDE)، قانون‌گذار (Leg)، ارائه‌دهنده خدمات (SP) هستند.

یال‌ها نیز روابط بین بازیگران را نشان می‌دهند که می‌توانند مثبت (+) یا منفی (-) باشند. در رابطه مثبت، افزایش در یک بازیگر منجر به افزایش در بازیگر دیگر می‌شود. در رابطه منفی نیز افزایش در یک بازیگر منجر به کاهش در بازیگر دیگر می‌شود. جهت یال‌ها نشان می‌دهد که تأثیر از کدام بازیگر به بازیگر دیگر

منتقل می‌شود. اگر یک یال از GEx (بورس سبز) به OpM (بازار بهینه‌سازی) وجود داشته باشد، نشان‌دهنده این است که فعالیت‌های بورس سبز می‌تواند بر بازار بهینه‌سازی تأثیر بگذارد. در تفسیر شکل (۴)، باید به این نکته توجه کرد که پیشران‌ها، نقش مهمی در تغییرات و تحولات سیستم دارند. پیشران‌ها می‌توانند شامل عواملی مانند تغییرات سیاستی، پیشرفت‌های فناوری، تغییرات اقتصادی، و تغییرات محیطی باشند که اثرات زیر را بر جای می‌گذارند:

- روابط بین بازیگران را تقویت یا ضعیف کنند.
- بازیگران جدیدی را به سیستم اضافه کنند.
- بازیگران موجود را از سیستم حذف کنند.

بر اساس شکل (۴) می‌توان نمایشی از نحوه تعامل بین بازیگران و دامنه‌های بازیگری زیست‌بوم بازار برق ایران را تفسیر نمود به گونه‌ای که الگوهای رفتاری و تأثیرات متقابل بین بازیگران را شناسایی کرد؛ نقاط قوت و ضعف سیستم را تشخیص داد؛ فرصت‌های بهبود و چالش‌های موجود را بررسی و استراتژی‌های موثر برای توسعه و بهبود عملکرد بازار برق را ارائه داد.

بر مبنای شکل (۴)، افزایش فعالیت در بورس سبز می‌تواند به افزایش فعالیت در بازار بهینه‌سازی منجر شود که خود به تقویت بورس سبز کمک می‌کند. توسعه معاملات انرژی‌های پاک در بورس سبز می‌تواند تقاضا برای خدمات بهینه‌سازی را افزایش دهد که به نوبه خود به رشد بورس سبز کمک می‌کند. از طرفی افزایش قیمت در بازار عمده‌فروشی می‌تواند منجر به کاهش تقاضا شود. این کاهش تقاضا خود به کاهش قیمت کمک می‌کند و سیستم را به تعادل نزدیک می‌کند.

مطابق با شکل (۴)، افزایش نظارت و تنظیم مقررات توسط هیات تنظیم مقررات بازار برق می‌تواند به بهبود عملکرد مرکز کنترل مدیریت شبکه منجر شود. این بهبود عملکرد خود به تقویت نظارت و تنظیم مقررات کمک می‌کند. از طرفی افزایش مقررات و قوانین می‌تواند منجر به کاهش انعطاف‌پذیری در معاونت بازار برق مدیریت شبکه شود و این کاهش انعطاف‌پذیری، خود به تعدیل مقررات کمک می‌کند. افزایش فعالیت در برق منطقه‌ای می‌تواند به افزایش تقاضا از سوی مشترکین بزرگ منجر شود. این افزایش تقاضا خود به تقویت برق منطقه‌ای کمک می‌کند. از طرفی افزایش قیمت در توزیع برق می‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی در بخش خرده‌فروشی شود و این کاهش مصرف به کاهش قیمت کمک می‌کند. افزایش سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های تولید پراکنده می‌تواند به افزایش تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر منجر شود

و به جذب سرمایه‌گذاری بیشتر بیانجامد. از طرفی افزایش هزینه‌های عملیاتی در نیروگاه‌های حرارتی می‌تواند منجر به کاهش تولید انرژی شود و به کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند.

تصویب قوانین حمایتی می‌تواند به افزایش فعالیت در دامنه آب منجر شود و به تقویت قوانین حمایتی کمک می‌کند. از طرفی افزایش محدودیت‌های قانونی در وزارت نفت می‌تواند منجر به کاهش فعالیت در دامنه سوخت‌های فسیلی شود و این کاهش فعالیت خود به تعدیل محدودیت‌ها کمک می‌کند. افزایش تقاضا نیز برای خدمات انرژی توسط شرکت‌های خدمات انرژی می‌تواند به افزایش فعالیت در هولدینگ‌های چندمنظوره و نهایتاً به تقویت خدمات انرژی منجر شود. از طرفی افزایش هزینه‌های خدمات در بازار آلودگی می‌تواند منجر به کاهش تقاضا برای این خدمات شود و کاهش هزینه‌ها را به دنبال داشته باشد.

برای سنجش میزان اثر هر یک از پیشران‌های تکاملی بر هر یک از بازیگران از منطق فازی استفاده شد. به این منظور پرسشنامه‌ای تدوین شد که اثر هر یک از پیشران‌ها را در قالب اعداد فازی بر هر یک از بازیگران را سنجیده و پس از اعمال میانگین فازی، آن‌ها را با استفاده از روش مینکوفسکی تبدیل به اعداد کریسپ می‌کند. جدول (۶) مقادیر نهایی میزان تاثیر پیشران‌ها را بر هر یک از بازیگران نشان می‌دهد. چنانچه این عدد منفی باشد به معنی داشتن اثر انقباضی بر بازیگر در زیست‌بوم است و چنانچه مثبت باشد نشان دهنده اثر انبساطی و پویایی بازیگر در زیست‌بوم خواهد بود.

جدول (۶): تاثیر تجمیعی پیشران‌ها بر بازیگران

بورس انرژی	بازار عمده‌فروشی	بازار پهنه‌سازی	بورس سبز	ارائه‌دهنده خدمات	قانون‌گذار	تولید شامل منابع انرژی پراکنده	انتقال-مشترکین عمده-توزیع	تنظیم‌گری و مدیریت شبکه	
۱.۷	۰.۹	۲.۹	۰	-۱.۵	-۰.۷	-۲.۷	-۱.۷	-۱.۳	ناترازی در تولید و مصرف برق
۱.۹	۲.۳	۱.۳	۱.۷	۱.۷	-۱.۷	-۰.۹	۲.۱	۱.۹	خصوصی‌سازی و اصلاح فرایندهای گردش مالی و نقدینگی
-۲.۵	-۲.۵	-۲.۵	۱.۹	-۲.۳	-۳.۳	-۰.۷	-۲.۹	-۳.۱	تحریم‌ها و محدودیت‌ها
۲.۳	۱.۷	-۱.۱	-۰.۷	۱.۷	۱.۵	۰.۷	-۰.۹	۲.۱	توسعه سازوکارهای بازار برق
۲.۵	۲.۷	۱.۵	۳.۱	۲.۱	۰.۷	۲.۱	۱.۱	۳.۰۵	سیاست‌گذاری تشویقی با تأکید بر

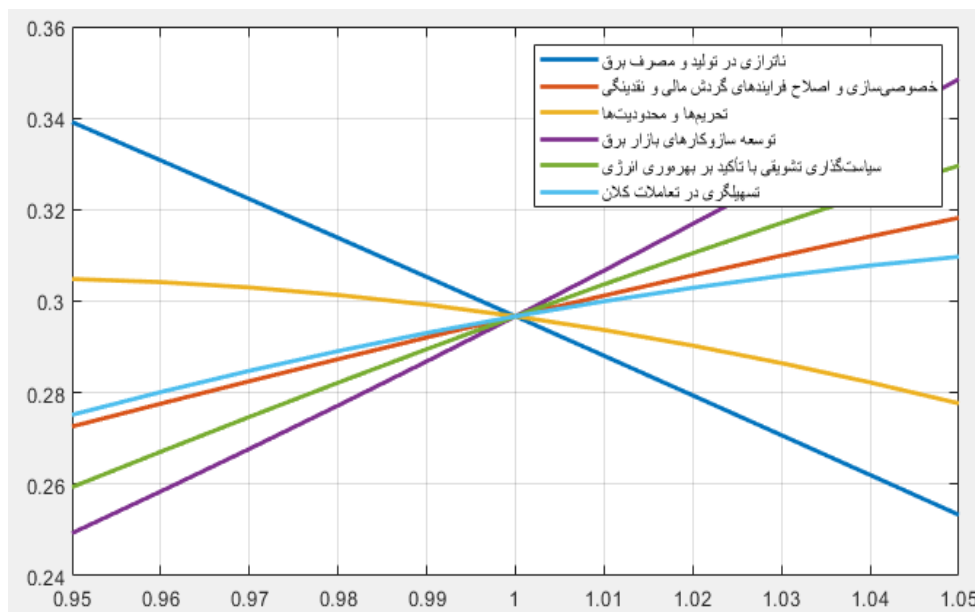
بهره‌وری انرژی									
تسهیلگری در تعاملات کلان	-۱.۳	-۲.۱	-۲.۱۵	-۲.۳	۱.۱	-۲.۵۵	-۳.۱	-۲.۱	-۲.۳

به منظور امکان تاثیر تمامی اثر پیشران‌های مثبت و منفی اعداد ردیف آخر این جدول با استفاده از میانگین اقلیدسی نرمال شده و وارد فرایند محاسبه ارزش پایدار ماتریس می شود. جدول ماتریسی (۷) اعداد نهایی ماتریس روابط نهایی نقشه شناختی فازی مدل را نشان می دهد.

جدول (۷): ماتریس نهایی نقشه شناختی فازی مدل

Total	GEx	OpM	WhM	EEx	IGM	GDE	Leg	TMD	SP
GEx	0.4161	0.1437	0.0707	0.0000	0.0000	0.2769	0.0000	0.0000	0.3169
OpM	0.2012	-1.3560	-0.1479	-0.1358	0.0000	0.0930	0.0000	0.0000	0.1367
WhM	0.0000	0.0000	-1.1249	-0.0707	0.1646	0.2866	0.0000	0.0000	0.2264
EEx	0.1524	0.0000	-0.2122	-1.7875	0.0000	0.3068	0.0000	0.1358	0.0914
IGM	0.0808	0.0000	0.3733	-0.0283	3.2448	0.4397	0.2133	0.4693	-0.0028
GDE	0.0525	0.0000	0.0000	0.1682	0.0000	1.0633	0.0000	-0.1948	0.2264
Leg	0.0505	0.2133	0.0000	0.0000	-0.1166	0.3831	-0.3082	-0.1247	0.0000
TMD	0.1358	0.0453	0.3169	0.2264	0.0000	0.5572	0.0000	0.9246	0.4397
SP	0.0000	0.0000	0.0000	0.0707	0.2264	0.1010	0.0000	0.0303	1.1095

همانگونه که بیان شد در این پژوهش از روش ارزش پایدار ماتریس برای حل مدل نقشه شناختی فازی استفاده شده است. ارزش پایدار برای ماتریس مدل، مقدار ۰.۲۹۶۷ محاسبه شد. با توجه به ماتریس که پیچیدگی بالایی در تعاملات میان بازیگران و پیشران‌ها دارد و همچنین روابط موجود در روش ارزش پایدار ماتریس، از تحلیل حساسیت ماتریس فوق برای تعیین میزان انقباض یا انبساط کلی هر پیشران استفاده می شود. به این معنی که در صورتی که بتوان بر هر پیشران در حدود پنج درصد تغییرات مثبت یا منفی ایجاد نمود، میزان تغییرات ارزش پایدار زیست‌بوم به چه میزان خواهد بود؛ بالتبع چنانچه تغییرات مثبت در یک پیشران باعث افزایش ارزش پایدار ماتریس گردد، آن پیشران، مرکزگرا است و باعث پویایی سیستم خواهد شد و چنانچه افزایش یک پیشران باعث کاهش میزان ارزش پایدار ماتریس گردد، آن پیشران مرکزگرا و باعث انقباض زیست‌بوم خواهد شد. شکل (۴) خروجی تحلیل حساسیت مدل را نشان می دهد.



شکل ۵: نتیجه تحلیل حساسیت مدل: اثر تغییر در پیشران‌های اساسی بر ارزش پایدار ماتریس زیست‌بوم

همانگونه که پیش‌بینی می‌شد، تحلیل حساسیت مدل نیز نشان می‌دهد که ناترازی در تولید و مصرف برق یک پیشران انقباضی است، به این معنی که چنانچه بتوان این ناترازی را کاهش داد، پویایی سیستم افزایش می‌یابد و چنانچه ناترازی حدود پنج درصد دیگر افزایش یابد ارزش پایدار سیستم حدود ۱۵ درصد کاهش خواهد یافت که مقدار قابل توجهی است. لذا پیش‌بینی می‌شود با استفاده از تغییر در پیشران‌های پایه زیرمجموعه آن می‌توان تغییرات خوبی در زیست‌بوم ایجاد نمود.

خصوصی‌سازی و اصلاح فرایندهای گردش مالی و نقدینگی در دسته پیشران‌های پویا کننده زیست‌بوم قرار می‌گیرد، به این معنی که با افزایش شدت اثر این پیشران می‌توان انتظار پویای زیست‌بوم و با کاهش آن انتظار انقباض زیست‌بوم را داشت.

تحریم‌ها و محدودیت‌ها یکی از پیشران‌های با اثر انقباضی است، البته رفتار این پیشران تا حدودی غیرخطی است که دلیل آن لحاظ دینامیک داخلی در اثر تعامل‌های میان بازیگران در مدل شناختی فازی است. بدین معنی که اگر چه کاهش حدود ۵ درصدی تحریم‌ها باعث بهبود قابل قبول در پویایی زیست‌بوم خواهد داشت، اما کاهش بیشتر آن لزوماً باعث بهبود نخواهد شد.

همانگونه که در مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با کارشناسان نیز قابل درک بود، حساسیت مدل شناختی فازی زیست‌بوم بازار برق ایران بیش از همه متأثر از پیشران توسعه ساز و کارهای بازار برق ایران است. به این معنی که با برنامه ریزی صحیح برای توسعه این ساز و کارها که اتفاقاً هزینه‌های اقتصادی بالایی نیز ندارد، می‌توان انتظار بهبود قابل توجهی را در پویایی زیست‌بوم انتظار داشت.

پیشران سیاست‌گذاری تشویقی با تأکید بر بهره‌وری انرژی نیز در دسته پیشران‌های پویا کننده زیست‌بوم قرار می‌گیرد که انتظار است با بهبود آن تأثیر مثبتی در زیست‌بوم مشاهده شود. البته همانگونه که مشاهده می‌شود این پیشران نیز تا حدودی رفتار غیرخطی دارد و پیش‌بینی می‌شود پس از افزایش به حالت اشباع برسد.

یکی دیگر از پیشران‌های مرکز‌گرای یا پویا کننده سیستم تسهیل‌گری در معاملات کلان است، این پیشران نیز تا حدی رفتار غیرخطی اشباع‌شونده دارد، یعنی علیرغم اینکه افزایش میزان کم آن تأثیر قابل توجهی در پویایی زیست‌بوم خواهد داشت، ولی روند افزایشی آن کند و احتمالاً متوقف خواهد شد. البته با نگاهی به وضعیت کاهشی آن می‌توان دریافت که بایستی با ایجاد تمهیدات از کاهش آن جلوگیری کرد، زیرا کاهش آن روندی افزایشی داشته و می‌تواند باعث استهلاک سریع زیست‌بوم شود.

بحث، نتیجه و پیشنهادها

همانگونه که بیان شد و در شکل نهایی نیز مشاهده می‌شود به ترتیب پیشران‌های توسعه سازوکارهای بازار برق، سیاست‌گذاری تشویقی با تأکید بر بهره‌وری انرژی، خصوصی سازی و اصلاح فرایندهای گردش مالی و تسهیل‌گری در معاملات کلان مرکز‌گرا و پیشران‌های تحریم‌ها و محدودیت‌ها و همچنین ناترازی در تولید و مصرف برق مرکز‌گرای یا انبساطی هستند. لذا خروجی مدل نقشه شناختی فازی که با تحلیل حساسیت ماتریس ارزش پایدار زیست‌بوم حاصل می‌شود، انتخاب دو پیشران اساسی که به ترتیب بیشترین تأثیر را در انبساط و انقباض زیست‌بوم دارند یعنی توسعه سازوکارهای بازار برق ایران و ناترازی در تولید و مصرف برق هستند که این دو به عنوان پیشران‌های اساسی زیست‌بوم بازار برق ایران هستند. تخصیص ده‌ها میلیارد دلار برای رفع ناترازی تولید برق که نیازمند توسعه زیرساخت‌ها شامل شبکه، تاسیسات، نیروگاه و سیستم‌های تولید و انتقال گاز است، موضوع ساده‌ای نیست. برای جبران ناترازی بایستی به دنبال تدوین و اجرای صحیح مقرراتی برای تشویق و حتی الزام مشترکین و بخش خصوصی به سمت ایجاد نیروگاه بود. این نیروگاه‌ها عمدتاً شامل نیروگاه‌های حرارتی و تجدیدپذیر می‌شوند.

برخلاف رفع ناترازی، توسعه سازوکارهای بازار برق، نیازی به سرمایه گذاری بالایی ندارد، در این بخش با استفاده از تجارب موفق موجود در دنیا روش هایی برای بهسازی این مکانیسم ها پیشنهاد می شود. برای انتظار بهبود در هر یک از این پیشران های اساسی می توان به پیشران های پایه آن مراجعه نمود. پیشران ناترازی شامل موارد قانون مانع-زدایی، کاهش سرمایه-گذاری بخش دولتی و خصوصی در صنعت برق، ناترازی بودجه صنعت برق، اجرای نادرست قانون جبران مابه-التفاوت هزینه-های شرکت-ها، بالا بودن یارانه پنهان انرژی، ناتوانی دولت در جبران خسارت بازیگران صنعت برق، اجرای نادرست قوانین توسط دولت، عدم-قطعیت همراه با غیراقتصادی بودن سرمایه-گذاری در صنعت برق، مقررات تشویقی و الزام آور سرمایه گذاری و آزادسازی صادرات انرژی می شود. در این بخش برای بهبود فضای هر یک از این پیشران های پایه، موضوعاتی بیان خواهد شد.

پیشران اساسی توسعه سازوکارهای بازار برق شامل مستقل نبودن ISO، ایجاد مکانیسم-های خرده-فروشی و توسعه آن، الزام مشترکین بزرگ به خرید انرژی از بورس با مقررات تشویقی و تنبیهی، راه-اندازی تابلوی سبز بورس انرژی، یک-طرفه بودن بازار، ایجاد رقابت در بازار، مکانیزم-های نامناسب بازار برای خرید و فروش انرژی و چابک نبودن بازار، اعمال هزینه-های سوخت در تولید انرژی به صورت واقعی و آشفته گی سیاست-گذاری در صنعت برق می شود. همانگونه که اشاره شد، بیشتر این موارد نیاز به مداخله قانونگذار به عنوان تسهیلگر دارد و می توان با ارائه پیشنهادهایی به قانونگذار پویایی قابل توجهی را شاهد بود.

به طور کلی با توجه به نتایج مستخرج شده، می توان پیشنهادات کاربردی زیر را ارائه داد:

- تمرکز بر توسعه سازوکارهای بازار برق: استقلال سازمان تنظیم کننده بازار برق با ایجاد ساختارهای مدیریتی مستقل برای نظارت بر عملکرد بازار برق و همچنین تدوین قوانین شفاف و عادلانه برای جلوگیری از تعارض منافع بین بازیگران.
- توسعه مکانیزم های خرده فروشی: ایجاد سیستم های انعطاف پذیر برای خرید و فروش انرژی در سطح خرده فروشی و الزام مشترکین بزرگ به خرید انرژی از طریق بورس با مقررات تشویقی و تنبیهی.
- راه اندازی تابلوی سبز بورس انرژی: تسهیل معاملات انرژی های پاک و تجدیدپذیر در بورس انرژی و افزایش جذب سرمایه گذاری در بخش های تجدیدپذیر با ارائه مشوق های مالی و قانونی.

- ایجاد رقابت سالم در بازار: طراحی مکانیزم‌های مناسب برای خرید و فروش انرژی که انعطاف‌پذیری و چابکی بیشتری داشته باشد. همچنین کاهش وابستگی به بازارهای یک‌طرفه و افزایش تنوع در مکانیزم‌های معاملاتی.
 - رفع ناترازی در تولید و مصرف برق: سرمایه‌گذاری در شبکه‌های انتقال و توزیع برق برای کاهش تلفات و بهبود کارایی، احداث نیروگاه‌های جدید (به‌ویژه نیروگاه‌های تجدیدپذیر) برای جبران کمبود تولید، اجرای صحیح قوانین جبران مابه‌التفاوت هزینه‌ها برای شرکت‌های برق، کاهش یارانه‌های پنهان انرژی و حرکت به سمت قیمت‌گذاری واقعی برق، ارائه مشوق‌های مالی و قانونی برای جذب سرمایه‌گذاری در بخش‌های تولید و توزیع برق، تسهیل فرآیندهای خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها و شرکت‌های برق.
 - سیاست‌گذاری تشویقی با تأکید بر بهره‌وری انرژی: ترویج فرهنگ صرفه‌جویی شامل اجرای کمپین‌های آموزشی و تبلیغاتی برای افزایش آگاهی عمومی درباره مصرف بهینه انرژی و همچنین ارائه مشوق‌های مالی برای مصرف‌کنندگانی که مصرف خود را کاهش می‌دهند.
 - حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر: شامل وضع قوانین مشوق برای سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های خورشیدی، بادی و سایر منابع تجدیدپذیر و نیز جریمه‌گذاری برای آلاینده‌گی بالا و بهره‌وری پایین در بخش‌های مختلف.
- پیشنهادات ارائه شده می‌توانند به عنوان راهکارهای عملی برای بهبود شرایط زیست‌بوم بازار برق ایران مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

- Adeoye-Olatunde, O. A., & Olenik, N. L. (2021). Research and scholarly methods: Semi-structured interviews. *Journal of the american college of clinical pharmacy*, 4(10), 1358-1367 .
- Askari, F.; Nekooeezadeh, M., & Amini, A. (2023). Improving Customers' Experiences in Pre-Purchase Interaction Points: Graph Theory- Matrix Permanents Approach to Identify and Analyze the Relationships of Influential Factors. *New Marketing Research Journal*, 13(2) .

Baykasoglu, A. (2014). A review and analysis of “graph theoretical-matrix permanent” approach to decision making with example applications. *Artificial intelligence review*, 42, 573-605 .

Daymond, J.; Knight, E.; Rumyantseva, M., & Maguire, S. (2023). Managing ecosystem emergence and evolution: Strategies for ecosystem architects. *Strategic management journal*, 44(4), O1-O27 .

Dev, N.; Kumar, R.; Saha, R. K.; Babbar, A.; Simic, V., & Bacanin, N. (2024). Performance evaluation methodology for gas turbine power plants using graph theory and combinatorics. *International Journal of Hydrogen Energy*, 57, 1286-1301 .

Espina-Romero, L.; Guerrero-Alcedo, J.; Noroño Sánchez, J. G., & Ochoa-Díaz, A. (2022). What Are the Topics That Business Ecosystems Navigate? Updating of Scientific Activity and Future Research Agenda. *Sustainability*, 14, 16224 (23).

Felin, T., & Foss, N. (2023). Microfoundations of ecosystems: The theory-led firm and capability growth. *Strategic Organization*, 14761270231159391.

Gopstein, A.; Nguyen, C.; O'Fallon, C.; Hastings ,N., & Wollman, D. (2021). *NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 4.0*. Department of Commerce. National Institute of Standards and Technology.

Henry, A. (2021). *Understanding strategic management*. Oxford University Press.

Holgersson, M.; Baldwin, C. Y.; Chesbrough, H., & Bogers, M. L. (2022). The forces of ecosystem evolution. *California Management Review*, 64(3), 5-23 .

Hosouli, S.; Elvins, J.; Searle, J.; Boudjabeur, S.; Bowyer, J., & Jewell, E. (2023). A multi-criteria decision making (MCDM) methodology for high temperature thermochemical storage material selection using graph theory and matrix approach. *Materials & Design*, 227, 111685 .

- Lincoln, Y. S. (1985). *Naturalistic inquiry* (75). sage publication.
- Liu, G.; Aroean, L., & Ko, W. W. (2023). Service innovation in business ecosystem: The roles of shared goals, coopetition, and interfirm power. *International Journal of Production Economics*, 255, 108709.
- Liu ,H.-C.; Chen, Y.-Z.; You, J.-X., & Li, H. (2016). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy digraph and matrix approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 27, 805-816.
- Patton, M. (2014). Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice. Sage publications.
- Palumbo, R.; Cosimato, S., & Tommasetti, A. (2017). Dream or reality? A recipe for sustainable and innovative health care ecosystems. *The TQM Journal*, 29(6), 847-862 .
- Pestka, D. L.; Espersen, C.; Sorge, L. A., & Funk, K. A. (2020). Incorporating social determinants of health into comprehensive medication management: Insights from the field. *Journal of the american college of clinical pharmacy*, 3(6), 1038-1047.
- Pop, O. M.; Leroi-Werelds, S.; Roijakkers, N., & Andreassen, T. W. (2018). Institutional types and institutional change in healthcare ecosystems. *Journal of Service Management*.
- Sacha, S.; Wardani, F. P.; Krismayanti, Y.; Fauziah, F.; Krisnadi, T. W.; Nauvaldy, D.; Suherman, T., & Tangkudung, A. G. D. (2024). Business Model Evolution: From Traditional to Digital Transformation. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 4(7), 1017-1029 .
- Sangbor, S. A., & Rabieh. (2022). Identifying and Prioritizing Sustainable Supply Chain Management Enablers in the Petrochemical Industry by Combined Approach of Meta-Synthesis Method and Graph Theory and Matrix Approach (GTMA) .*Industrial Management Studies*, 20(64).

Shou, Y.; Shi, Y., & Ren, G.-J. (2022). Guest editorial: Deconstructing business ecosystems: complementarity, capabilities, co-creation and co-evolution. *Industrial Management & Data Systems*, 122(9), 1977-1986.

Sjödin, D.; Liljeborg, A., & Mutter, S. (2024). Conceptualizing ecosystem management capabilities: Managing the ecosystem-organization interface. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123187.