ارائه مدلی شاخص برای بومی‌سازی فناوری در صنعت پتروشیمی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

دکتر محمد علی شفیعا

دانشیار دانشگاه علم وصنعت

omidshafia@gmail.com

دکتر علیرضا علی احمدی

استاد دانشکده مهندسی پیشرفت، دانشگاه علم و صنعت ایران

pe@iust.ac.ir

دکتر علی بنیادی نائینی

استادیار دانشگاه علم وصنعت

bonyadi.naeini@gmail.com

میر حمید تقوی (نویسنده مسئول)

دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علم وصنعت

h_taghavi۸۵@yahoo.com

چکیده

مفهوم فناوری بومی و بومی‌کردن فناوری سال‌هاست که موردبحث محافل گوناگون به‌ویژه مجامع علمی و فناوری کشورهای در حال رشد است. بابیان این واژه‌ها، اغلب ذهن‌ها به‌سوی صنعت سنتی متمرکز می‌شوند. اما در مباحث مربوط به فرآیند انتقال فناوری و لزوم برخورد آگاهانه با فناوری های وارداتی، مفهوم این واژه به ایجاد ساختار و زمینه‌ای برای درک و کشف دانش فنی فناوری وارداتی اشاره دارد و در واقع، مؤید تحقق فرآیندی است که شامل یادگیری، جذب و اصلاح و انطباق، توسعه داخلی و اعمال تغییرات کوچک و بزرگ و بالاخره، تسلط بر فناوری وارداتی، انجام نوآوری و اشاعه آن است. جامعه آماری این تحقیق، ۴۰ نفر از مدیران، کارشناسان و خبرگان صنعت پتروشیمی می باشند که با روش نمونه گیری هدفمند انتخاب شدند. در این پژوهش، عوامل مؤثر بر بومی‌سازی فناوری با تکیه بر ادبیات تحقیق و بررسی مطالعات پژوهشگران این حوزه و تجارب موفق بومی‌سازی فناوری در ایران با استفاده از روش مصاحبه نیمه ساخت‌یافته با خبرگان صنعت پتروشیمی و روش اعتباریابی در تحقیقات کیفی استخراج شدند. در بخش کمی تحقیق، روش تصمیم گیری چندمعیاره بکار برده شده است. برای رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر هر مدل از فن تحلیل شبکه‌ای فازی، برای تعیین روابط درونی معیارها از فن دیمتل فازی و برای رتبه‌بندی مدل‌ها و انتخاب مدل برتر از تاپسیس فازی استفاده شده است. نتایج تحلیل نشان می‌دهند که مدلی برتر از بین مدل‌های موجود بومی‌سازی فناوری برای صنعت پتروشیمی وجود دارد.

کلید واژه:

بومی‌سازی فناوری، انتقال فناوری، تصمیم‌گیری چندمعیاره، صنعت پتروشیمی، فازی

مقدمه

دسترسی سریع به فناوری‌های روز، بدون گذر از مسیر طولانی و پرهزینه ایجاد درون‌زای فناوری، انگیزه اصلی کشورهای درحال‌توسعه در انتقال فناوری[۱] بوده است. ازاین‌رو به عقیده برخی صاحب‌نظران سیاست صنعتی، کشورهای دیر صنعتی شده[۲] تا مدت قابل‌توجهی باید راهبرد تقلید یا یادگیری را جایگزین راهبرد اختراع و توسعه درون‌زا کنند. البته تقلید[۳] و یادگیری به معنی درک صحیح دانش فنی و تلاش در جهت جذب و توسعه فناوری وارداتی است. هیونگ ساپچوی[۴]، معمار فناوری کره جنوبی، دراین‌باره می‌گوید: با انجام فرآیند تقلید و یادگیری عملی، به‌تدریج می‌توان روی فناوری‌های دریافت شده نوعی نوآوری داشت. این همان فرآیندی است که از آن به‌عنوان تقلید نوآورانه[۵] یاد می‌شود. یکی از دلایل وجود تفاوت بین مدل‌های کشورهای تازه‌وارد به عرصه تقلید و بومی‌سازی فناوری با کشورهای پیش‌قدم‌تر، اهمیت نقش دولت و بازار در موفقیت‌آمیز بودن فرآیندهای بومی‌سازی است؛ درحالی‌که کشورهای پیش‌قدم در مدل‌های خود، بر روی یادگیری فناورانه[۶] و نظام ملی نوآوری تأکید کرده‌اند (Taskin and Zaim, ۱۹۹۷).فرآیند پیوند دادن فناوری وارداتی با اهداف، شرایط، امکانات و نیازهای کشور واردکننده‌ی فناوری، انطباق و یا اصطلاحاً بومی‌سازی فناوری[۷] نامیده می‌شود. به‌زعم محققان،

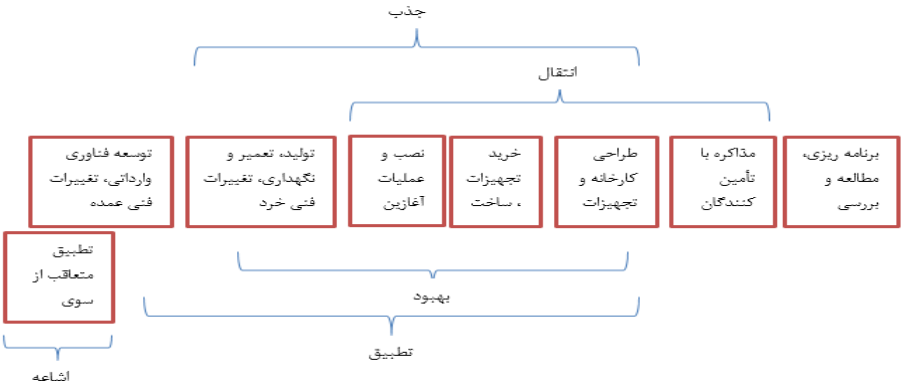
بومی‌سازی فناوری تحقق فرآیندی است که شامل یادگیری، جذب[۸]، کپی‌سازی ساده و خلاقانه، اصلاح و تطبیق و اعمال تغییرات کوچک و بزرگ و بالاخره نوآوری در فناوری وارداتی و اشاعه آن ارتقا می‌بخشد. واردات فناوری، ماشین‌آلات و تجهیزات به‌عنوان منبع دانش تلقی می‌شوند که در فرآیند تقلید و تطبیق، شناسایی، کشف و استفاده می‌شوند (باقری نژاد،۱۳۸۰). کلر در سال ۱۹۹۶ به نقش کلیدی مهارت‌ها و توانایی‌های بومی در جذب و تطبیق فناوری اشاره کرد (Keller, ۱۹۹۶). در این فراگرد، ظرفیت‌های بومی برای تسلط بر فناوری‌های وارداتی و ایجاد فناوری‌ها از طریق یادگیری فناورانه و توسعه فعالیت‌های هدفمند تحقیق و توسعه[۹] شکل می‌گیرند.

مسیر یادگیری فناورانه کشورهای دیروارد شده مانند چین، کره ، تایوان، برزیل و غیره در زمینه انتقال و بومی سازی فناوری نشان می دهد که این کشورها با استفاده از راهبردهای اکتساب فناورانه همچون مهندسی معکوس، خرید، ساخت، تولید و توسعه مشترک با شرکای خارجی و تمرکز بر تحقیق و توسعه توانستند به موفقیت در زمینه جذب و بومی سازی فناوری دست یابند. اگرچه نمی توان الگوی واحدی در زمینه بومی سازی فناوری برای تمامی کشورها در نظر گرفت. این الگوها با شرایط ویژه هر کشور مانند نظام مالی، بانکی، تحریم ها، زیرساخت های صنعتی، جمعیت، فرهنگ و غیره ارتباط تنگاتنگی دارند.

۲ . ادبیات تحقیق

۲ .۱. مفاهیم نظری و عملیاتی تبیین فرآیند بومی کردن فناوری وارداتی

ازجمله مبانی نظری موضوع جذب و تطبیق فناوری، تئوری اقتصاد خرد نئوکلاسیک بنگاه است که از سوی بسیاری از دانشمندان بیان شده است. این تئوری در ساده‌ترین شکل فرض می‌کند که دانش به‌طور لحظه‌ای و بدون هزینه کسب می‌شود. علاوه بر آن، دانش به‌طور وسیع شامل تمام توانایی‌ها و مهارت‌های لازم برای تطبیق یک فناوری وارداتی با محیط بومی است. در تئوری مذکور، محیط بومی با مجموعه متفاوتی از عوامل نسبی قیمت بیان می‌شود. با این فرض، بسیاری از مشکلات رفع می‌شود و در جذب فناوری چالشی به وجود نخواهد آمد. این واقعیت که منابع در فرآیندها مصرف می‌شوند، فرض کسب دانش بدون هزینه و بدون زمان را رد کرد. این مطلب توسط کامین و شوارتز[۱۰] در سال ۱۹۸۲ ارائه و توسعه داده شد. این نظریه، بنگاه را به‌مثابه یک بدنه واحد می‌نگرد که برای پاسخگویی به مدیر یا مالک بنگاه، به ایجاد، جذب و تطبیق فناوری روی می‌آورد؛ بنابراین، عواملی را که درکشورهای در حال رشد وجود دارد همانند گلوگاه‌های فیزیکی، کنترل و مقررات دولتی، اهداف ناسازگار با یکدیگر، رفتارهای ناهماهنگ، ریسک و عدم اطلاع کافی را نادیده می‌انگارد. دیدگاه نظری مرتبط دیگر، مفاهیم یادگیری از طریق انجام دادن[۱۱] است. این پدیده توسط مهندسان تولید تشخیص داده شد. آنان دریافتند که هزینه‌های نیروی کار در هر واحد در مونتاژ یک نوع خاص هواپیما با افزایش تعداد واحدهای تولیدی کاهش می‌یابد. بعدها مطالعات کاتز و سایرین[۱۲] در این زمینه نشان می‌دهد که یادگیری به اشکال مختلف روی می‌دهد. وست فال، کیم و دالمن[۱۳] در سال ۱۹۸۴، یک دسته‌بندی عملیاتی را در خصوص تطبیق و اشاعه فناوری وارداتی ارائه کردند. دسته‌بندی آنان برحسب فعالیت‌های فرآیند تولید، نوآوری و سرمایه‌گذاری مطابق شکل (۱) مطرح شد (باقری نژاد، ۱۳۸۸).



شکل ۱- فعالیت‌های موجود در فرآیند تطبیق فناوری

۲ .۲ . مسیر جهش فناورانه و بومی سازی در کشورهای دیروارد شده

با بررسی تجارب جهش فناورانه موفق کشورهای دیروارد شده مانند ژاپن، کره جنوبی، چین و تایوان در زمینه انتقال و بومی سازی فناوری، می توان به عوامل کلیدی مؤثر در این موفقیت دست یافت. به عقیده لی[۱۴](۲۰۰۵)، زمانی که شرکت‌ها توانمندی طراحی و ساخت فناوری را کسب کنند، توانسته‌اند به توانمندی بومی‌سازی دست یابند. همچنین، دشوارترین مرحله بومی‌سازی نیز طراحی جزئی[۱۵] فناوری قلمداد شده است که اکتساب این توانمندی از طریق انتقال فناوری از کشورهای پیشرفته صنعتی به کشورهای درحال‌توسعه، به‌سختی صورت می‌گیرد.

افزایش قابلیت فناورانه و نوآوری مستقل توسط شرکت‌های بومی چینی به‌عنوان جنبه مهم معجزه اقتصادی چینی‌ها در نظر گرفته‌شده است. شرکت‌های بومی در بسیاری از صنایع از طریق رقابت با شرکت‌های خارجی سرمایه‌گذار[۱۶] در بازار بومی، به‌تدریج سهم بازار خود را افزایش داده و به قابلیت‌های فنی خود عمق بخشیدند. مو و لی[۱۷] (۲۰۰۵) چگونگی جهش صنعتی در صنعت ارتباطات از راه دور[۱۸]چین را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که نقشه راه انتشار دانش[۱۹]، دربرگیرنده ارتباطات بین بخش‌های بازار، انتشار دانش و یادگیری شرکت‌های بومی است. به‌طور مشابه، فن[۲۰] (۲۰۰۶) تاریخ صنعت تجهیزات ارتباطات از راه دور چین را از اواسط ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۲ با تمرکز بر قابلیت نوآوری ۴ شرکت بومی مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که قابلیت نوآوری و فناوری‌های خود توسعه‌یافته[۲۱] منجر به پیشی گرفتن شرکت‌های بومی از شرکت‌های خارجی شده است. همچنین شرکت‌های بومی با تمرکز بر تحقیق و توسعه درونی همراه با اتحاد بیرونی می‌توانند در جهت ایجاد قابلیت نوآوری گام بردارند. عناصر اساسی راهبرد جهش در چین عبارت‌اند از: اندازه بازار[۲۲]، نوآوری بازار محور[۲۳]، اتحاد جهانی و نوآوری باز[۲۴]، گسترش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نقش حکومت. از دیگر راهبردهای جهش برای شرکت‌های دیر واردشده، یادگیری است. . فرآیند یادگیری شرکت‌های چینی متفاوت از شرکت‌های کره‌ای و دیگر اقتصادهای تازه صنعتی شده است. در صنعت تلویزیون رنگی، ژی و وو[۲۵] (۲۰۰۳) مهم‌ترین تفاوت بین فرآیند یادگیری شرکت‌های چینی و ۴ کشور آسیایی ملقب به ببرهای آسیا (هنگ‌کنگ، کره جنوبی، تایوان و سنگاپور) در این است که این کشورها منحصراً بر بازار صادرات تکیه می‌کنند، اما شرکت‌های

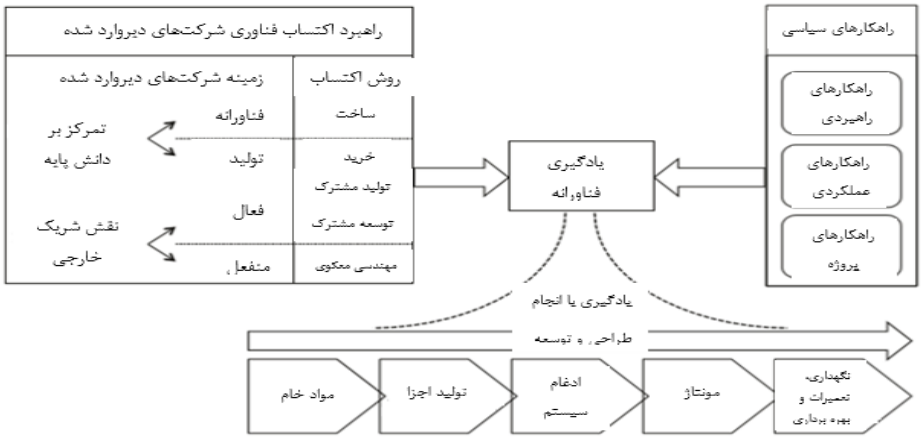
چینی تمرکز بر بازار بومی دارند. بر اساس نظر کیم[۲۶]، سازمان ها برای رسیدن به توانمندی فناورانه، باید یادگیری فناورانه[۲۷] را در خود تقویت کنند. وی سه منبع یادگیری را به صورت زیر معرفی می کند: ۱) منابع خارج از کشور مانند دانشگاه ها، سازمان های دانش بنیان خارجی و غیره، ۲) منابع داخل کشور مانند دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی و غیره، و ۳) منابع درون سازمانی. علاوه بر آن، شرکت ها سعی می‌کنند با استفاده از روش‌هایی مانند یادگیری از طریق انجام[۲۸]، یادگیری از طریق استفاده[۲۹] و ایجاد نظام علم و فناوری سازمانی[۳۰] (Jensen et al., ۲۰۰۷; Fuglsang and Sundbo, ۲۰۰۵)، یادگیری از طریق جستجو[۳۱] و تغییرات[۳۲] فناورانه محیطی، استفاده از نیروهای متخصص سایر شرکت‌ها و استخدام آن‌ها، آموزش منابع انسانی و ایجاد حلقه‌های بازخور برای تشدید میزان یادگیری‌ها، مبادرت به افزایش یادگیری سازمانی نمایند.

در پژوهشی دیگر روش های یادگیری فناورانه برای کشورهای درحال توسعه مطابق جدول (۱) معرفی شده است (باقری نژاد، ۱۳۸۸):

جدول ۱- روش های یادگیری فناورانه

روش های یادگیری	توضیح
یادگیری از طریق انجام	فناوری واردشده تغییر داده نمی‌شود، ولی کاربرد آن با توجه به تجربه کارگران و کارکنان کاراتر می‌شود.
یادگیری از طریق تطبیق[۳۳]	تغییرات کوچک در کارخانه توسط تکنسین‌های آچار به دست، مهندسان و مدیران صورت می‌گیرد که بهره‌وری را در مورد یک فناوری خاص افزایش یا محصول را با نیازهای خاص تطبیق می‌دهد.
یادگیری از طریق طراحی[۳۴]	تجهیزات واردشده و فرآیندها کپی‌برداری می‌شوند و مهندسان طراح، دانش فرآیندهای صنعتی را کسب می‌کنند.
یادگیری از طریق طراحی بهسازی شده[۳۵]	مرحله بعد از طراحی تجهیزات یا محصولات است و تغییرات بهره‌وری را موجب می‌شود.
یادگیری از طریق راه‌اندازی کامل کارخانه[۳۶]	یادگیری از طریق راه‌اندازی کامل دستگاه‌های تولیدی است و توانایی حاصل‌شده نه صرفاً برای تولید تجهیزات، بلکه برای سازگاری کل کارخانه جهت پاسخگویی به نیازهای خاص است.
یادگیری از طریق طراحی فرآیندهای جدید[۳۷]	به‌وسیله مراکز تحقیق و توسعه یا مؤسسات تحقیقاتی مستقل که فعالیت‌های خود را در تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای گسترش می‌دهند و قادر به ارائه فرآیندهای جدید و ساختن کالاهای جدید هستند، تحقق می‌یابد.

لی و یون[۳۸] (۲۰۱۵) نیز چارچوبی تحلیلی از یادگیری فناورانه شرکت‌های دیر واردشده از این دیدگاه که یادگیری با راهبرهای اکتساب فناوری و راهکارهای سیاسی تسهیل می‌شود، ارائه کرده اند (شکل ۲). در این ساختار، اکتساب فناوری با توجه به دو وضعیت دانش محور و نقش شرکا تعیین می شود. دیویس و هبدی[۳۹] (۲۰۰۵) نیز برای راهکارهای سیاسی، سه قابلیت سازمانی شامل قابلیت راهبردی[۴۰]، قابلیت کارکردی[۴۱] و قابلیت پروژه[۴۲] را معرفی نمودند.



شکل ۲- چارچوب تحلیلی یادگیری فناورانه

جدول (۲) نتایج مطالعات انجام شده برای تعیین فاکتورهای مؤثر بر بومی سازی فناوری در کشورهای ژاپن، چین و کره را نشان می دهد (Shafia et al., ۲۰۱۵):

جدول۲- عوامل مؤثر بر بومی سازی فناوری در سه کشور ژاپن، کره و چین

کشورها	منابع	عوامل مؤثر بر بومی سازی فناوری
ژاپن	Cao et al (۲۰۰۶)	مهندسی معکوس، توسعه و تحقیق همزمان با مهندسی معکوس، تجمیع دانش، توسعه سیستم مدیریت دانش، یادگیری فناورانه، دانش پایه
چین	Cao et al (۲۰۰۶)	مونتاژ محصول، تعمیر و نگهداری فناوری، مشارکت فناورانه با دانشگاه ها و مراکز پژوهش، برآورده ساختن نیازهای مشتری، یادگیری فناورانه، قابلیت های انسانی، تطبیق فناوری، جذب فناوری
چین	Mu & lee (۲۰۰۵); He & Mu (۲۰۱۲)	همکاری فناورانه، محیط فرهنگی مناسب جهت حمایت از بومی سازی، دانش پایه، یادگیری فناورانه
کره جنوبی	Choung et al.(۲۰۰۹)	انتقال فناوری و ایجاد خط مونتاژ، توسعه تکاملی، همکاری فناورانه، تقلید از فناوری خارجی، نوآوری در محصولات خارجی تولیدی

۳. روش تحقیق

این تحقیق از نظر هدف، از نوع کاربردی و از جنبه نحوه گردآوری اطلاعات نیز، از نوع تحقیقات توصیفی است. در آن، از مطالعات کتابخانه‌ای و تحقیقات پژوهشگران برای یافتن و استخراج عوامل موفقیت در بومی‌سازی فناوری در کشورهای توسعه‌یافته و همچنین برای بررسی این عوامل و ارائه مدلی برتر بر مبنای شرایط کشور، از ابزارهای مصاحبه نیم ساخت یافته و فرم مقایسات زوجی استفاده شده است. جامعه آماری این پژوهش، ۴۰ نفر از مدیران، مهندسان و کارشناسان خبره این حوزه در صنعت پتروشیمی می‌باشند که با استفاده از روش نمونه گیری هدفمند گزینش شده و به دلیل تعداد اندک اعضای جامعه آماری، تعداد نمونه برابر با جامعه در نظر گرفته شده است. در تحلیل داده های کمی پژوهش از روش تصمیم گیری چندمعیاره[۴۳] استفاده شده است. برای رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر هر مدل از فن تحلیل شبکه‌ای

فازی[۴۴]، برای تعیین روابط درونی معیارها از فن دیمتل فازی[۴۵] و برای رتبه‌بندی مدل‌ها و انتخاب مدل برتر از تاپسیس فازی۴۶ استفاده شده است.

٤. تجزیه و تحلیل داده ها

پس از بررسی مدل های موفق بومی سازی فناوری جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ایران، صنایع ساخت تجهیزات پزشکی (۳ مدل)، صنایع دفاعی و موشکی و شرکت توربین سازی تجربه نور (۲ مدل)، جدول (۳) که حاصل پژوهش های دکتر شفیعا و همکاران وی (۲۰۱۵) است، به دست آمد (Shafia et al., ۲۰۱۵). این جدول، نتایج دسته بندی و یکپارچه سازی مفاهیم اصلی مرتبط با بومی سازی فناوری را نشان می دهد که منطبق بر مفاهیم استخراج شده از مصاحبه ها و ادبیات تحقیق می باشد. صحت یافته ها توسط خبرگان و کارشناسان این پژوهش بر مبنای روش اعتباریابی در تحقیقات کیفی تأیید شد. سپس اهمیت هر یک از معیارها در مدل‌های پژوهش، از طریق مصاحبه مجدد با خبرگان مورد بررسی و کنکاش قرار گرفت.

جدول ۳- عوامل مؤثر بر بومی‌سازی فناوری در ایران

نام معیار	نام زیرمعیار	نماد	موردهای مطالعه اشاره‌کننده به عامل							
			جهاد دانشگاهی	تجهیزات پزشکی ۱	تجهیزات پزشکی ۲	تجهیزات پزشکی ۳	صنایع موشکی	ساخت توربین ۱	ساخت توربین ۲
فعالیت فنی C۱	توانایی به کار بستن فناوری	S۱۱	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	توانایی ایجاد نوآوری در فناوری	S۱۲	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	توانایی مونتاژ مجدد فناوری	S۱۳			✓		✓	✓	
	توانایی نگهداری و تعمیرات	S۱۴	✓		✓		✓		
	توانایی تقلید از فناوری	S۱۵	✓		✓		✓		✓
ظرفیت جذب C۲	دانش پایه	S۲۱	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	اراده و خواست مدیران	S۲۲	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	اعتماد فی‌مابین گیرنده و صاحب فناوری	S۲۳			✓				
	محیط و فرهنگ دانشی شرکت	S۲۴	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ایجاد محلی برای انباشت دانش	S۲۵	✓			✓			
	سازوکارهای درونی شرکت در ایجاد ارتباطات میان افراد	S۲۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	توان آموزشی برای به کار بستن سریع دانش گرفته شده	S۲۷	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	تحقیق و توسعه داخلی	S۲۸				✓			
	ساختار سازمانی مسطح	S۲۹							✓
انطباق فناوری C۳	ارزیابی اولیه در مورد عملکرد کلّی فناوری و شناسایی کارکرد و اثرات آن	S۳۱	✓	✓	✓	✓			
	تحلیل نیازها و شرایط خود و نحوه پاسخگویی به آن‌ها برای کشف میزان برآورده شدن نیازها با فناوری جدید	S۳۲	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	در نظر گرفتن نیازها و شرایط بومی و افزودن ویژگی‌هایی به فناوری برای پاسخگویی به نیازهای بومی	S۳۳	✓	✓	✓	✓		✓	✓
همکاری فناورانه C۴	مهندسی معکوس	S۴۱	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	تولید تحت استاندارد و تأیید همکار خارجی	S۴۲	✓		✓	✓			
	سرمایه‌گذاری مشترک	S۴۳			✓				
	قرارداد تحت لیسانس	S۴۴			✓				
سبک یادگیری C۵	یادگیری از طریق انجام	S۵۱	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	یادگیری از طریق تعامل[۴۷]	S۵۲	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	یادگیری از طریق استفاده[۴۸]	S۵۳	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	نظام علمی و فناوری سازمانی[۴۹]	S۵۴			✓		✓		

٤ .١ . تعیین اولویت عناصر مدل با استفاده از تکنیک ای- ان- پی فازی

٤ .١ .١ . اولویت‌بندی معیارهای اصلی بر اساس هدف از طریق مقایسه زوجی

در ابتدا دیدگاه خبرگان با طیف نه درجه ساعتی [٥٠] گردآوری و سپس فازی سازی شده است. برای تجمیع دیدگاه خبرگان در روش ای- ان-پی فازی از روش میانگین هندسی استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصل از تجمیع دیدگاه خبرگان، ماتریس مقایسه زوجی به‌صورت جدول (۴) قابل ارائه می باشد.

جدول ٤- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی پژوهش

	C۱	C۲	C۳	C٤	C٥
C۱	(۱ ,۱ ,۱)	(۱,۷۵ ,۱,۲۶ ,۰,۸۳)	(۱,۹۷ ,۱,٥۰ ,۱,۱٥)	(۳,۹۶ ,۳,۲٤ ,۲,٤۹)	(۳,۰٤ ,۲,٥۰ ,۱,۹۶)
C۲	(۰,٥۷ ,۰,۷۹ ,۱,۲)	(۱ ,۱ ,۱)	(۳,۷۸ ,۳,۱٥ ,۲,٥۹)	(۱,٥٥ ,۱,۲٤ ,۰,۹۸)	(۰,۷۹ ,۰,٥۸ ,۰,٤۶)
C۳	(۰,٥۱ ,۰,۶۷ ,۰,۸۷)	(۰,۲۶ ,۰,۳۲ ,۰,۳۹)	(۱ ,۱ ,۱)	(۱,٥٤ ,۱,۲٥ ,۰,۹۷)	(۱,۴۶ ,۱,۱۳ ,۰,۸۸)
C٤	(۰,۲٥ ,۰,۳۱ ,۰,٤۰)	(۰,۶٤ ,۰,۸۰ ,۱,۰۲)	(۰,۶٥ ,۰,۸۰ ,۱,۰۳)	(۱ ,۱ ,۱)	(۱,٥۰ ,۱,۲۲ ,۱,۰۱)
C٥	(۰,۳۳ ,۰,٤۰ ,۰,٥۱)	(۱,۲۶ ,۱,۷۲ ,۲,۱٥)	(۰,۶۸ ,۰,۸۸ ,۱,۱۳)	(۰,۶۶ ,۰,۸۲ ,۰,۹۹)	(۱ ,۱ ,۱)

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی به‌دست‌آمده، جمع فازی هر سطر محاسبه می‌شود. برای نرمال‌سازی ترجیحات هر معیار، باید مجموع مقادیر آن معیار بر مجموع تمامی ترجیحات (عناصر ستون) تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند بنابراین جمع فازی هر سطر در معکوس مجموع ضرب می‌شود. هریک از مقادیر به‌دست‌آمده، وزن فازی و نرمال شده مربوط به معیارهای اصلی هستند. در گام نهائی فازی‌زدایی مقادیر و محاسبات عدد کریسپ [٥۱] صورت می گیرد.

جدول ۵- فازی زدایی اوزان نرمال محاسبه شده متغیرهای اصلی مطالعه

	X۱max	X۲max	X۳max	Deffuzy	Normal
فعالیت فنی	۰,۳۲۳	۰,۳۲۳	۰,۳۲۲	۰,۳۲۳	۰,۳۲۱
ظرفیت جذب	۰,۲۳۲	۰,۲۳۱	۰,۲۳۱	۰,۲۳۲	۰,۲۳۱
انطباق فناوری	۰,۱۴۹	۰,۱۴۸	۰,۱۴۸	۰,۱۴۹	۰,۱۴۷
همکاری فناورانه	۰,۱۴۱	۰,۱۴۱	۰,۱۴۰	۰,۱۴۱	۰,۱۴۰
سبک یادگیری	۰,۱۶۱	۰,۱۶۲	۰,۱۶۲	۰,۱۶۲	۰,۱۶۱

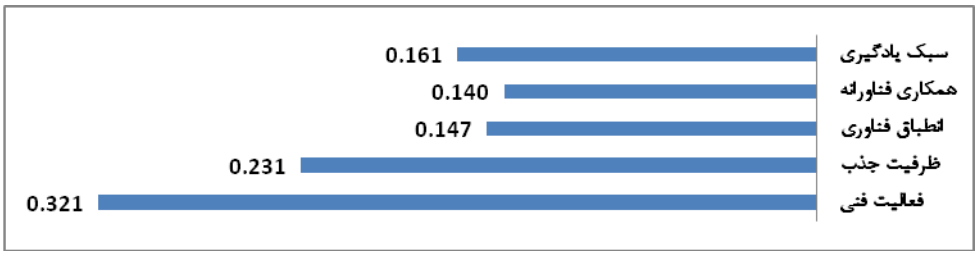
بر اساس جدول (۵)، بردار ویژه اولویت معیارهای اصلی به‌صورت مقابل خواهد بود که بر اساس آن:

معیار فعالیت فنی با وزن نرمال ۰/۳۲۱ از بیشترین اولویت برخوردار است.

ظرفیت جذب با وزن نرمال ۰/۲۳۱ در اولویت دوم قرار دارد.

سبک یادگیری با وزن نرمال ۰/۱۶۱ در اولویت سوم قرار دارد.

$$W_{۲۱} = \begin{pmatrix} ۰,۳۲۱ \\ ۰,۲۳۱ \\ ۰,۱٤۷ \\ ۰,۱٤۰ \\ ۰,۱٦۱ \end{pmatrix}$$



شکل ۳- نمایش گرافیکی اولویت معیارهای اصلی پژوهش

نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۸۷ به دست آمده که کوچک‌تر از ۰/۱ است و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

٤ .۲ .۱ . مقایسه و تعیین اولویت زیرمعیارها

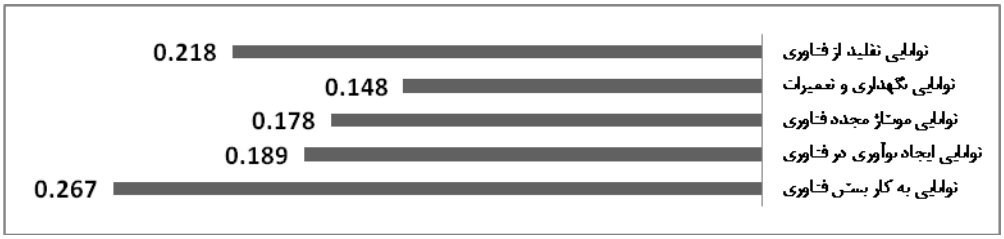
در گام دوم از فن تحلیل شبکه، زیرمعیارهای مربوط به هر معیار به‌صورت زوجی مقایسه شده‌اند.

٤ .۲ .۱ .۱ . مقایسه زوجی زیرمعیارهای فعالیت فنی

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی، جمع فازی هر سطر محاسبه می‌شود. نظر به طولانی بودن عملیات فازی، نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان فعالیت فنی در جدول (۶) ارائه شده است:

جدول ۶- مقادیر فازی زدایی شده اوزان فعالیت فنی

Crisp	X ımax	X ımax	X ımax	Deffuzy	Normal
توانایی به کار بستن فناوری	۰,۲۶۸	۰,۲۶۷	۰,۲۶۷	۰,۲۶۸	۰,۲۶۷
توانایی ایجاد نوآوری در فناوری	۰,۱۸۹	۰,۱۸۹	۰,۱۸۹	۰,۱۸۹	۰,۱۸۹
توانایی مونتاژ مجدد فناوری	۰,۱۷۸	۰,۱۷۸	۰,۱۷۸	۰,۱۷۸	۰,۱۷۸
توانایی نگهداری و تعمیرات	۰,۱۴۸	۰,۱۴۸	۰,۱۴۸	۰,۱۴۸	۰,۱۴۸
توانایی تقلید از فناوری	۰,۲۱۸	۰,۲۱۸	۰,۲۱۹	۰,۲۱۹	۰,۲۱۸



شکل ۴- مقادیر فازی زدایی شده اوزان فعالیت فنی

مطابق شکل (۴)، توانایی به کار بستن فناوری با وزن نرمال ۰/۲۶۷ از بیشترین اولویت برخوردار است. نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۲۲ به دست آمده که کوچک‌تر از ۰/۱ است و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

٤ .۲ .۱ .۲ . مقایسه زوجی زیرمعیارهای ظرفیت جذب

نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان ظرفیت جذب مطابق جدول (۷) است:

جدول ۷-مقادیر فازی زدایی شده اوزان ظرفیت جذب

Crisp	X۱max	X۲max	X۳max	Deffuzy	Normal
دانش پایه	۰,۱۳۳	۰,۱۳۳	۰,۱۳۴	۰,۱۳۴	۰,۱۳۳
اراده و خواست مدیران	۰,۱۱۷	۰,۱۱۷	۰,۱۱۷	۰,۱۱۷	۰,۱۱۷
اعتماد فی‌مابین گیرنده و صاحب فناوری	۰,۰۸۹	۰,۰۸۹	۰,۰۸۹	۰,۰۸۹	۰,۰۸۹
محیط و فرهنگ دانشی شرکت	۰,۱۱۵	۰,۱۱۵	۰,۱۱۵	۰,۱۱۵	۰,۱۱۵
ایجاد محلی برای انباشته شدن دانش	۰,۱۰۸	۰,۱۰۸	۰,۱۰۸	۰,۱۰۸	۰,۱۰۸
سازوکارهای درونی شرکت در ایجاد ارتباطات میان افراد	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳
توان آموزشی برای به کار بستن سریع دانش گرفته شده	۰,۱۰۲	۰,۱۰۲	۰,۱۰۱	۰,۱۰۲	۰,۱۰۲
تحقیق و توسعه داخلی	۰,۱۰۷	۰,۱۰۷	۰,۱۰۷	۰,۱۰۷	۰,۱۰۷
ساختار سازمانی مسطح	۰,۱۱۶	۰,۱۱۶	۰,۱۱۶	۰,۱۱۶	۰,۱۱۶

شکل ۵- مقادیر فازی زدایی شده اوزان ظرفیت جذب

مطابق شکل (۵)، دانش پایه با وزن نرمال ۰/۱۳۳ از بیشترین اولویت برخوردار است. نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۵۴ به دست آمده که کوچکتر از ۰/۱ است و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

۳.۱.۲.٤. مقایسه زوجی زیرمعیارهای انطباق فناوری

نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان انطباق فناوری مطابق جدول (۸) است:

جدول ۸- مقادیر فازی زدایی شده اوزان انطباق فناوری

Crisp	X۱max	X۲max	X۳max	Deffuzy	Normal
ارزیابی اولیه در مورد عملکرد کلّی فناوری و شناسایی کارکرد و اثرات آن	۰,۴۷۲	۰,۴۷۳	۰,۴۷۳	۰,۴۷۳	۰,۴۷۲
تحلیل نیازها و شرایط خود و نحوه پاسخگویی به آن‌ها و نحوه پاسخگویی به آن ها برای کشف میزان برآورده شدن نیازها با فناوری جدید	۰,۲۵۵	۰,۲۵۵	۰,۲۵۴	۰,۲۵۵	۰,۲۵۴
در نظر گرفتن نیازها و شرایط بومی	۰,۲۷۵	۰,۲۷۴	۰,۲۷۴	۰,۲۷۵	۰,۲۷۴

شکل ۶- مقادیر فازی زدایی شده اوزان انطباق فناوری

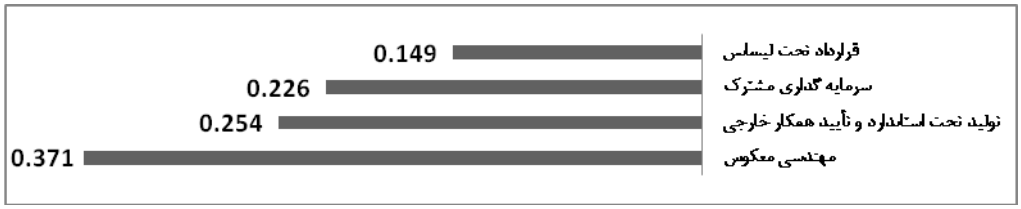
مطابق شکل (۶)، ارزیابی اولیه در مورد عملکرد کلّی فناوری و شناسایی کارکرد و اثرات آن با وزن نرمال ۰/۴۷۲ از بیشترین اولویت برخوردار است. نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۲۴ به دست آمده که کوچکتر از ۰/۱ است و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

٤.١.٢.٤. مقایسه زوجی زیرمعیارهای همکاری فناورانه

نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان همکاری فناورانه مطابق جدول (۹) است:

جدول ۹- مقادیر فازی زدایی شده اوزان همکاری فناورانه

Crisp	X۱max	X۲max	X۳max	Deffuzy	Normal
مهندسی معکوس	۰,۳۷۴	۰,۳۷۳	۰,۳۷۲	۰,۳۷۴	۰,۳۷۱
تولید تحت استاندارد و تأیید همکار خارجی	۰,۲۵۶	۰,۲۵۵	۰,۲۵۴	۰,۲۵۶	۰,۲۵۴
سرمایه‌گذاری مشترک	۰,۲۲۸	۰,۲۲۷	۰,۲۲۶	۰,۲۲۸	۰,۲۲۶
قرارداد تحت لیسانس	۰,۱۵۰	۰,۱۵۰	۰,۱۵۱	۰,۱۵۱	۰,۱۴۹



شکل ۷- مقادیر فازی زدایی شده اوزان همکاری فناورانه

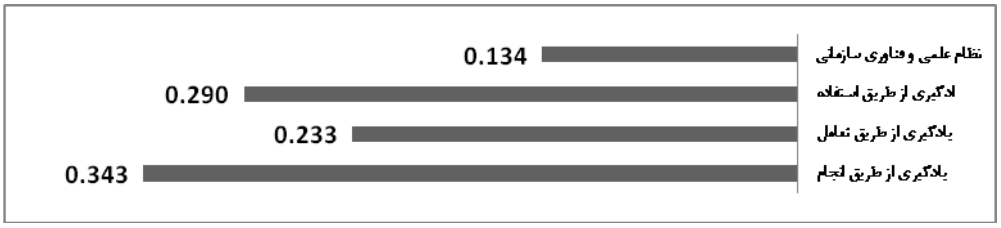
مطابق شکل (۷)، مهندسی معکوس با وزن نرمال ۰/۳۷۱ از بیشترین اولویت برخوردار است. نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۰۷ به دست آمده که کوچکتر از ۰/۱ است و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

٤.١.٢.٥. مقایسه زوجی زیرمعیارهای سبک یادگیری

نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان سبک یادگیری مطابق جدول (۱۰) است:

جدول ۱۰- مقادیر فازی زدایی شده اوزان سبک یادگیری

Crisp	X۱max	X۲max	X۳max	Deffuzy	Normal
یادگیری از طریق انجام	۰,۳۴۵	۰,۳۴۴	۰,۳۴۲	۰,۳۴۵	۰,۳۴۳
یادگیری از طریق تعامل	۰,۲۳۴	۰,۲۳۵	۰,۲۳۵	۰,۲۳۵	۰,۲۳۳
یادگیری از طریق استفاده	۰,۲۹۲	۰,۲۹۱	۰,۲۹۱	۰,۲۹۲	۰,۲۹۰
نظام علمی و فناوری سازمانی	۰,۱۳۴	۰,۱۳۴	۰,۱۳۵	۰,۱۳۵	۰,۱۳۴



شکل ۸- مقادیر فازی زدایی شده اوزان سبک یادگیری

مطابق شکل (۸)، یادگیری از طریق انجام با وزن نرمال ۰/۳۴۳ از بیشترین اولویت برخوردار است. نرخ ناسازگاری

مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۴۷ به دست آمده که کوچکتر از ۰/۱ است و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

٤ .١ .٢ . محاسبه روابط درونی با فن دیمتل فازی

جهت انعکاس روابط درونی میان معیارهای اصلی از فن دیمتل فازی استفاده شده است. پس از محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (M) بر مبنای نظر خبرگان و فازی سازی آن، ماتریس ارتباط مستقیم نرمال مطابق جدول (۱۱) بدست آمد:

جدول ۱۱- ماتریس نرمال شده (N) معیارها

n	C۱			C۲			C۳			C۴			C۵		
C۱	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۸۱	۰,۱۸۹	۰,۲۴۳	۰,۲۷۰	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۲۴۳	۰,۰۲۷	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۲۴۳	۰,۲۷۰
C۲	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۲۴۳	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۸۱	۰,۱۸۹	۰,۲۴۳	۰,۲۷۰	۰,۰۲۷	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۲۴۳
C۳	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۰۸۱	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۸۱	۰,۰۲۷	۰,۰۸۱	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹
C۴	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۰۸۱	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۸۱	۰,۰۲۷	۰,۰۸۱	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹
C۵	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۲۴۳	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۲۴۳	۰,۰۸۱	۰,۱۳۵	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۸۱	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۸۱

٤ .١ .٢ .١ . ماتریس ارتباط کامل (T)

جدول (۱۲) ماتریس ارتباط کامل را پس از انجام محاسبات نشان می دهد:

جدول ۱۲- ماتریس ارتباط کامل (T) معیارهای اصلی

	C۱			C۲			C۳			C۴			C۵		
C۱	۰,۰۹۰	۰,۳۱۴	۱,۴۵۰	۰,۲۴۶	۰,۴۷۲	۱,۵۰۵	۰,۲۱۵	۰,۴۵۱	۱,۵۲۲	۰,۰۵۴	۰,۲۲۶	۱,۰۴۰	۰,۲۶۱	۰,۵۱۴	۱,۶۴۶
C۲	۰,۱۹۷	۰,۴۲۹	۱,۵۴۸	۰,۰۶۹	۰,۲۶۶	۱,۳۰۵	۰,۲۴۶	۰,۴۶۸	۱,۵۰۳	۰,۰۵۴	۰,۲۱۹	۱,۰۱۶	۰,۲۰۶	۰,۴۴۹	۱,۵۸۴
C۳	۰,۱۱۳	۰,۲۹۰	۱,۱۸۲	۰,۰۴۴	۰,۱۹۴	۱,۰۲۱	۰,۰۳۳	۰,۱۸۱	۱,۰۲۵	۰,۰۸۸	۰,۲۱۳	۰,۸۴۷	۰,۱۱۸	۰,۳۰۴	۱,۲۰۹
C۴	۰,۱۱۹	۰,۳۰۴	۱,۲۱۷	۰,۱۲۱	۰,۲۹۹	۱,۱۴۶	۰,۰۴۹	۰,۲۰۹	۱,۰۷۲	۰,۰۱۰	۰,۱۱۶	۰,۷۶۶	۰,۱۲۵	۰,۳۱۸	۱,۲۴۶
C۵	۰,۱۸۳	۰,۳۸۸	۱,۴۰۹	۰,۱۸۱	۰,۳۷۳	۱,۳۲۰	۰,۱۴۶	۰,۳۴۹	۱,۳۱۲	۰,۰۲۲	۰,۱۴۷	۰,۸۷۵	۰,۰۷۳	۰,۲۶۶	۱,۳۰۲

برای فازی زدایی ماتریس ارتباط مستقیم از فن CFCS استفاده شده است. روش فازی زدایی۵۲CFCS برای فرآیند تجمیع فازی مناسب است و مقادیر فازی زدایی شده را بهتر ارائه می‌دهد. این روش بر اساس مقادیر بیشینه و کمینه اعداد فازی در هر رنج محاسبه می‌شود و یک الگوریتم چهار مرحله‌ای شامل نرمال‌سازی مقادیر، محاسبه کران بالا و پائین مقادیر نرمال، محاسبه کل مقادیر نرمال شده کریسپ و محاسبه مقادیر کریسپ (قطعی) است.

با توجه به الگوریتم CFCS، مقادیر قطعی شده ماتریس ارتباط مستقیم به‌صورت جدول (۱۳) است:

جدول ۱۳- ماتریس ارتباط کامل (T) معیارهای اصلی قطعی شده

T	C۱	C۲	C۳	C۴	C۵
C۱	۰,۶۲	۰,۷۴	۰,۷۳	۰,۴۴	۰,۸۱
C۲	۰,۷۲	۰,۵۵	۰,۷۴	۰,۴۳	۰,۷۵
C۳	۰,۵۳	۰,۴۲	۰,۴۱	۰,۳۸	۰,۵۴
C۴	۰,۵۵	۰,۵۲	۰,۴۴	۰,۳۰	۰,۵۶
C۵	۰,۶۶	۰,۶۲۵	۰,۶۰	۰,۳۵	۰,۵۵

٤ .١ .٢ .٢ . نمایش نقشه روابط شبکه

برای تعیین نقشه روابط شبکه[۵۳] باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آن‌ها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگ‌تر باشد در نقشه روابط شبکه نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس T محاسبه شود. بعد از تعیین شدت آستانه، تمامی مقادیر ماتریس T که کوچک‌تر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود. در این مطالعه مقدار ارزش آستانه برابر ۰,۵۵۹ به دست آمده است. با توجه به الگوی روابط می‌توان نمودار علی را ترسیم کرد:

جدول ۱۴- الگوی روابط علی شاخص‌های پژوهش

	D	R	D+R	D-R
فعالیت فنی	۳,۳۳۵	۳,۰۷۷	۶,۴۱۳	۰,۲۵۸
ظرفیت جذب	۳,۱۸۶	۲,۸۵۴	۶,۰۴۰	۰,۳۳۲
انطباق فناوری	۲,۲۸۸	۲,۹۲۷	۵,۲۱۵	-۰,۶۳۹
همکاری فناورانه	۲,۳۷۲	۱,۸۹۷	۴,۲۷۰	۰,۴۷۵
سبک یادگیری	۲,۷۸۲	۳,۲۰۷	۵,۹۸۹	-۰,۴۲۶

در جدول (۱۴) جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس فعالیت فنی بیشترین تأثیرگذاری را دارد. جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. بردار افقی (D+R)، میزان تأثیر و تأثر عامل موردنظر در سیستم است. به‌عبارت‌دیگر هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. براین اساس فعالیت فنی از بیشترین تعامل با سایر معیارها برخوردار هستند. بردار عمودی (D-R)، قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طورکلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول است.

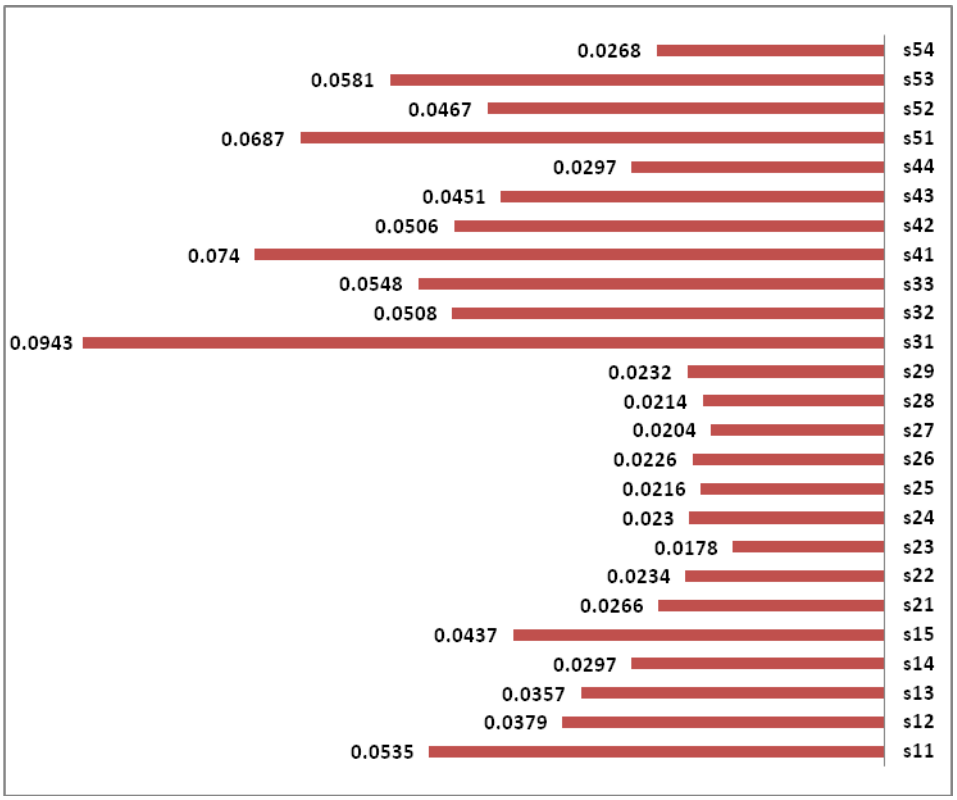
٤ .١ .٣ . اولویت نهائی شاخص‌ها با فزای- ان-پی فازی

برای تعیین وزن نهائی، خروجی مقایسه معیارهای اصلی بر اساس هدف و روابط درونی میان معیارها، در یک سوپرماتریس ارائه می‌شود. این سوپرماتریس، سوپرماتریس اولیه یا ناموزون نامیده می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از مفهوم نرمال کردن، سوپرماتریس ناموزون به سوپرماتریس موزون (نرمال) تبدیل می‌شود. در سوپرماتریس موزون جمع عناصر تمامی ستون‌ها برابر با یک است. در گام بعدی، سوپرماتریس حد با به توان رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون به دست می‌آید. این عمل آن‌قدر تکرار می‌شود تا تمامی عناصر سوپر ماتریس شبیه هم گردند. سوپرماتریس حد محاسبه شده با نرم‌افزار سوپردسیژن به صورت جدول ۱۵ است:

جدول ۱۵- وزن نهائی شاخص‌ها بر اساس سوپرماتریس حد

نماد	شاخص‌ها	وزن کلی	وزن نرمال	وزن ایده‌آل	رتبه
S۱۱	توانایی به کار بستن فناوری	۰,۰۲۶۸	۰,۰۵۳۵	۰,۵۶۷۴	۶
S۱۲	توانایی ایجاد نوآوری در فناوری	۰,۰۱۸۹	۰,۰۳۷۹	۰,۴۰۱۶	۱۲
S۱۳	توانایی مونتاژ مجدد فناوری	۰,۰۱۷۸	۰,۰۳۵۷	۰,۳۷۸۳	۱۳
S۱۴	توانایی نگهداری و تعمیرات	۰,۰۱۴۸	۰,۰۲۹۷	۰,۳۱۴۵	۱۵
S۱۵	توانایی تقلید از فناوری	۰,۰۲۱۸	۰,۰۴۳۷	۰,۴۶۳۳	۱۱
S۲۱	دانش پایه	۰,۰۱۳۳	۰,۰۲۶۶	۰,۲۸۲	۱۷
S۲۲	اراده و خواست مدیران	۰,۰۱۱۷	۰,۰۲۳۴	۰,۲۴۸۱	۱۸
S۲۳	اعتماد فی‌مابین گیرنده و صاحب فناوری	۰,۰۰۸۹	۰,۰۱۷۸	۰,۱۸۸۷	۲۵
S۲۴	محیط و فرهنگ دانشی شرکت	۰,۰۱۱۵	۰,۰۲۳	۰,۲۴۳۸	۲۰
S۲۵	ایجاد محلی برای انباشته شدن دانش	۰,۰۱۰۸	۰,۰۲۱۶	۰,۲۲۹	۲۲
S۲۶	سازوکارهای درونی شرکت در ایجاد ارتباطات میان افراد	۰,۰۱۱۳	۰,۰۲۲۶	۰,۲۳۹۶	۲۱
S۲۷	توان آموزشی برای به کار بستن سریع دانش گرفته شده	۰,۰۱۰۲	۰,۰۲۰۴	۰,۲۱۶۳	۲۴
S۲۸	تحقیق و توسعه داخلی	۰,۰۱۰۷	۰,۰۲۱۴	۰,۲۲۶۹	۲۳
S۲۹	ساختار سازمانی مسطح	۰,۰۱۱۶	۰,۰۲۳۲	۰,۲۴۶	۱۹
S۳۱	ارزیابی اولیه در مورد عملکرد کلّی فناوری و شناسایی کارکرد و اثرات آن	۰,۰۴۷۲	۰,۰۹۴۳	۱	۱
S۳۲	تحلیل نیازها و شرایط خود و نحوه پاسخگویی به آن‌ها برای کشف میزان برآورده شدن نیازها	۰,۰۲۵۴	۰,۰۵۰۸	۰,۵۳۹۱	۷
S۳۳	در نظر گرفتن نیازها و شرایط بومی	۰,۰۲۷۴	۰,۰۵۴۸	۰,۵۸۱۴	۵
S۴۱	مهندسی معکوس	۰,۰۳۷	۰,۰۷۴	۰,۷۸۴۲	۲
S۴۲	تولید تحت استاندارد و تأیید همکار خارجی	۰,۰۲۵۳	۰,۰۵۰۶	۰,۵۳۶۹	۸
S۴۳	سرمایه‌گذاری مشترک	۰,۰۲۲۵	۰,۰۴۵۱	۰,۴۷۷۷	۱۰
S۴۴	قرارداد تحت لیسانس	۰,۰۱۴۹	۰,۰۲۹۷	۰,۳۱۴۹	۱۴
S۵۱	یادگیری از طریق انجام	۰,۰۳۴۳	۰,۰۶۸۷	۰,۷۲۸۲	۳
S۵۲	یادگیری از طریق تعامل	۰,۰۲۳۳	۰,۰۴۶۷	۰,۴۹۴۷	۹
S۵۳	یادگیری از طریق استفاده	۰,۰۲۹	۰,۰۵۸۱	۰,۶۱۵۷	۴
S۵۴	نظام علمی و فناوری سازمانی	۰,۰۱۳۴	۰,۰۲۶۸	۰,۲۸۴۵	۱۶

بنابراین اولویت نهایی معیارها به‌صورت شکل (۹) خواهد بود:



شکل ۹- اولویت نهائی شاخص‌ها با فن تحلیل شبکه فازی

از نتایج مربوط به اوزان شاخص‌ها می‌توان به‌عنوان داشبورد مدیریت استفاده کرد. بر اساس خروجی این فن می‌توان ملاحظه کرد زمانی که روابط درونی متغیرهای پژوهش نیز در نظر گرفته شود، میزان اهمیت و رتبه شاخص‌های مطالعه تغییر خواهد کرد. ارزیابی اولیه در مورد عملکرد کلّی فناوری و شناسایی کارکرد و اثرات آن با وزن ۰/۰۹۴۳ در اولویت نخست و مهندسی معکوس با وزن ۰/۰۷۴ در اولویت دوم قرار دارد. یادگیری از طریق انجام با وزن ۰/۰۶۷۸ نیز سومین شاخص بااهمیت است.

۴. ۲. انتخاب گزینه برتر با فن تاپسیس فازی

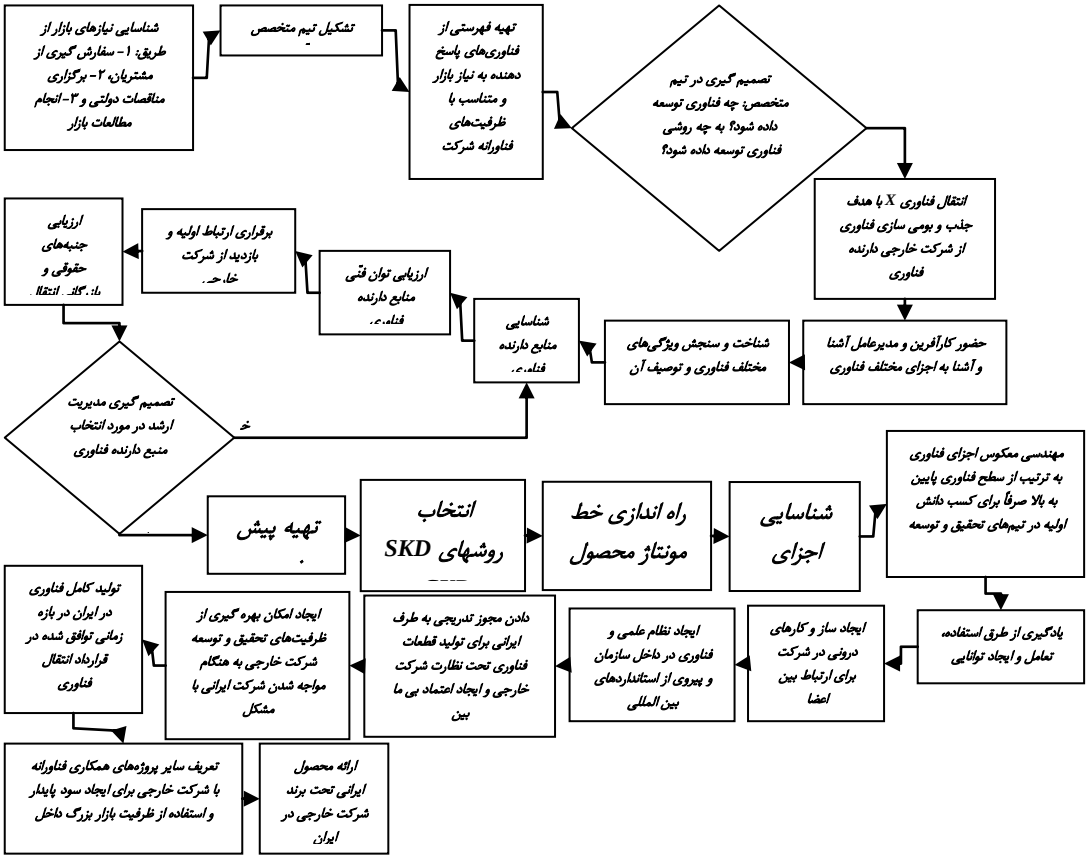
این روش یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. همانند روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چندمعیاره در اولین مرحله، ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل می‌شود. برای امتیازدهی مدل ها از مقیاس هفت درجه لیکرت استفاده شده است. پس از تشکیل ماتریس تصمیم، به بی مقیاس سازی آن پرداخته می شود. مرحله بعد، تبدیل ماتریس بی مقیاس به ماتریس بی مقیاس موزون است. بدین ترتیب وزن محاسبه شده هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش FANP در مراحل قبلی، نرمال می شوند. پس از محاسبه ایده آل های مثبت و منفی، مجموع فواصل گزینه‌ها از ایده آل ها به دست می آید. مرحله پایانی، محاسبه میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده آل (CL) می باشد. مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، گزینه به جواب ایده آل نزدیک‌تر و گزینه بهتری است. بنابراین با توجه به مقادیر محاسبه شده مندرج در جدول (۱۶) می‌توان نتیجه گرفت مدل (۳) بهترین گزینه است که در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۶- مقادیر CL محاسبه شده

مدل	+D	-D	CL	رتبه نهایی
مدل ۱	۰,۱۲۰	۰,۲۱۷	۰,۶۴۴	۲
مدل ۲	۰,۲۲۰	۰,۱۱۹	۰,۳۵۱	۶
مدل ۳	۰,۰۴۷	۰,۲۵۸	۰,۸۴۶	۱
مدل ۴	۰,۱۵۶	۰,۱۸۵	۰,۵۴۳	۳
مدل ۵	۰,۱۷۸	۰,۱۷۴	۰,۴۹۴	۴
مدل ۶	۰,۲۲۲	۰,۰۹۳	۰,۲۹۷	۷
مدل ۷	۰,۱۸۹	۰,۱۴۳	۰,۴۳۱	۵

نتیجه گیری

امروزه رقابت‌پذیری در سطح بنگاه‌های اقتصادی که خواهان حفظ موقعیت، توسعه بازار و حضور در فراسوی مرزهای کشور خود هستند، امری بسیار مهم تلقی می‌شود. تحولات سریع و پیچیدگی روزافزون فناوری‌ها در زمینه‌های مختلف از یک طرف و محدودیت منابع مالی از طرف دیگر، اکتساب فناوری‌ها را ضروری ساخته است. بی‌شک انتقال فناوری بدون بومی‌سازی، زمینه توسعه شرکت‌ها را فراهم نمی‌کند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند عوامل متعددی بر توان بومی‌سازی فناوری یک بنگاه صنعتی اثرگذار است. کشورها بر اساس شرایط خود، مدل‌های متفاوتی را برای بومی‌سازی فناوری انتخاب کرده‌اند. در ایران نیز در طول سالیان اخیر، شرکت‌های بسیاری موفق به بومی‌سازی فناوری شده اند. همان‌طور که تجربیات موفق بومی‌سازی فناوری در ایران نیز نشان می‌دهد، فرآیند اکتساب، جذب و بومی‌سازی هرچند قابل سرعت بخشیدن است، اما نمی‌توان از برخی از مراحل آن جهش زده و آن‌ها را نادیده انگاشت. اما مهم‌ترین نکته‌ای که از آن غفلت شده دستیابی به یک مدل برتر از بین مدل‌های موجود است. در این پژوهش پس از بررسی عوامل مؤثر بر انتقال و بومی سازی فناوری، مدل های ارائه شده در این حوزه با استفاده از روش تصمیم گیری چندمعیاره فازی مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان می دهد که مدلی شاخص برای بومی سازی فناوری در صنعت پتروشیمی ایران وجود دارد و شکل ۱۰ بیانگر این مدل است.



شکل ۱۰- مدل بومی‌سازی فناوری در صنعت پتروشیمی ایران

منابع

باقری نژاد، جعفر. (۲۰۰۹). معیارهای بومی کردن فناوری وارداتی و تأثیر آن بر توسعه صنعتی. فصلنامه آموزش مهندسی ایران، ۱۱(۴۲)، ۱۳۷-۱۵۸.

Cao, Y., Sakai, H., Liu, X. L., Nagahira, A., & Iguchi, Y. (۲۰۰۶, July). Technology Catch-Up in China Compared with Japan: A New Development Model. In Technology Management for the Global Future, ۲۰۰۶. PICMET ۲۰۰۶ (Vol. ۳, pp. ۱۰۳۰-۱۰۳۹). IEEE.

Choung, J. Y., Hwang, H. R., & Hameed, T. (۲۰۰۹, December). Patterns of technology catch-up in Korean private sector. In Industrial Engineering and Engineering Management, ۲۰۰۹. IEEM ۲۰۰۹. IEEE International Conference on (pp. ۹۳-۹۹). IEEE.

Davies, A., & Hobday, M. (۲۰۰۵). The business of projects: managing innovation in complex products and systems. Cambridge University Press.

Fan, P. (۲۰۰۶). Catching up through developing innovation capability: evidence from China's telecom-equipment industry. Technovation, ۲۶(۳), ۳۵۹-۳۶۸.

Fuglsang, L., & Sundbo, J. (۲۰۰۵). The organizational innovation system: three modes. Journal of Change Management, ۵(۳), ۳۲۹-۳۴۴.

He, X., & Mu, Q. (۲۰۱۲). How Chinese firms learn technology from transnational corporations: A comparison of the telecommunication and automobile industries. Journal of Asian Economics, ۲۳(۳), ۲۷۰-۲۸۷.

Jensen, M. B., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B. Å. (۲۰۰۷). Forms of knowledge and modes of innovation. Research policy, ۳۶(۵), ۶۸۰-۶۹۳.

Keller, W. (۱۹۹۶). Absorptive capacity: On the creation and acquisition of technology in development. Journal of development economics, ۴۹(۱), ۱۹۹-۲۲۷.

Lee, K. (۲۰۰۵). Making a Technological Catch-up: Barriers and opportunities. Asian Journal of Technology Innovation, ۱۳(۲), ۹۷-۱۳۱.

Lee, J. J., & Yoon, H. (۲۰۱۵). A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems: Distinctive paths of three latecomers in military aircraft industry. Research Policy, ٤٤(۷), ۱۲۹٦-۱۳۱۳.

Mu, Q., & Lee, K. (۲۰۰۵). Knowledge diffusion, market segmentation and technological catch-up: The case of the telecommunication industry in China. Research Policy, ۳٤(٦), ۷۵۹-۷۸۳.

Saaty, T. (۲۰۰۵). Theory and application of the analytic network process. Decision making with benefits, opportunities, cost and risks.

Shafia, M. A., Mohammadi, M., Babakhan, A. R., Ameri, M., & Lotfali, F. (۲۰۱۵). Influencing Factors On Technology Localization In Iranian Context: A Multi-Case study.

Taskin, F., & Zaim, O. (۱۹۹۷). Catching-up and innovation in high-and low-income countries. Economics letters, ۵٤(۱), ۹۳-۱۰۰.

Xie, W., & Wu, G. (۲۰۰۳). Differences between learning processes in small tigers and large dragons: learning processes of two color TV (CTV) firms within China. Research Policy, ۳۲(۸), ۱٤٦۳-۱٤۷۹.

پی‌نوشت

[۱] ***Technology Transfer***

[۲] ***Late industrialized countries***

[۳] ***Imitation***

[۴] ***Hung Sapchui***

[۵] ***Innovative imitation***

[۶] ***Technological learning***

[۷] ***Technology Localization***

[۸] ***Absorption***

[۹] ***R&D***

[۱۰] ***Kamien and Schwartz***

[۱۱] ***Learning by Doing***

[۱۲] ***Katz et al.***

[۱۳] ***Westphal, Kim and Dahlman***

[۱٤] ***Lee***

[۱۵] ***Detail Design***

[۱۶] ***Foreign-Invested Enterprises (FIEs)***

[۱۷] ***Mu & Lee***

[۱۸] ***Telecommunication***

[۱۹] ***Knowledge diffusion roadmap***

[۲۰] ***Fan***

[۲۱] ***Self-developed Technologies***

[۲۲] ***Market Size***

[۲۳] ***Market-oriented Innovation***

[۲۴] ***Global alliance & Open innovation***

[۲۵] ***Xie & Wu***

[۲۶] ***Kim***

[۲۷] ***Technological learning***

[۲۸] ***Learning by Doing***

[۲۹] *Learning by Using*
[۳۰] *Organizational Science and Technology System*
[۳۱] *Learning by Searching*
[۳۲] *Learning from Changing*
[۳۳] *Learning by Adopting*
[۳۴] *Learning by Design*
[۳۵] *Learning by Improved Design*
[۳۶] *Learning by Setting up Complete Factory*
[۳۷] *Learning by Designing New Process*
[۳۸] *Lee and Yoon*
[۳۹] *Davis and Hobday*
[۴۰] *Strategic Capability*
[۴۱] *Functional Capability*
[۴۲] *Project Capability*
[۴۳] *Multi-Criteria Decision Making*
[۴۴] *Fuzzy Analytical Network Process (FANP)*
[۴۵] *Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (Fuzzy DEMATEL)*
[۴۶] *Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (Fuzzy TOPSIS)*
[۴۷] *Learning by Interacting*
[۴۸] *Learning by Using*
[۴۹] *Organizational Science and Technology System*
[۵۰] *Saati*
[۵۱] *Crisp*
[۵۲] *Converting Fuzzy data into Crisp Scores (CFCS)*
[۵۳] *Network Relationship Map*