Arshive of SID

بهبود روش فناوری‌های کلیدی با استفاده از گسترش عملکرد کیفیت، تحلیل پوششی داده‌ها و منطق فازی

علی محقر[۱]

محمدهادی خلوصی*[۲]

سمیه خلوصی[۳]

چکیده :

روش فناوری‌های کلیدی یک رویکرد مفید برای ارزیابی و رتبه‌بندی فناوری‌ها و یا مسیرهای تحقیقاتی است که به شکل گسترده‌ای در کشورهای متعددی بکار رفته است. از آن جا که در این روش ارزیابی فناوری‌ها بر اساس قضاوت افراد متخصص صورت می‌گیرد، دقت نتایج بسیار متاثر از نظرات خبرگان خواهد بود. بکارگیری روش گسترش عملکرد کیفیت فازی و استفاده از عبارات کلامی بجای اعداد قطعی می‌تواند نتایج روش مرسوم فناوری‌های کلیدی را بهبود بخشد. همچنین استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها این امکان را فراهم می‌کند تا با درنظر گرفتن تمامی‌معیارها و برآیندگیری از نمرات ارزیابی، یک امتیاز کارایی برای هر فناوری محاسبه شود و رتبه‌بندی آن‌ها با سهولت بیشتری صورت پذیرد. رویکرد پیشنهادی به منظور شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌های توسعه‌ای در سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران پیاده‌سازی شده و کارکردهای آن مورد آزمون قرار گرفته است و بهبود نتایج نسبت به روش مرسوم مورد تایید خبرگان بخش می‌باشد. به این ترتیب فناوری‌ها با عناوین " فرآوری سنگ آهن به روش مغناطیسی" ، " فرآوری سنگ آهن به روش خردایش و دانه‌بندی" و " تولید آهن اسفنجی به روش پرد" در سه اولویت اول قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی:

فناوری‌های کلیدی، اولویت‌بندی فناوری، گسترش عملکرد کیفیت، تحلیل پوششی داده‌ها، منطق فازی

---

۱. عضو هیئت علمی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

* نویسنده عهده دار مکاتبات: kholusi@ut.ac.ir

۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

۳. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس

www.SID.ir

Arshive of SID

۱- مقدمه

شناسایی فناوری‌های نوظهور و سرمایه‌گذاری بر روی آن‌ها نقش مهمی در دستیابی به مزیت اقتصادی برای کشورها ایفا می‌کند به همین دلیل بسیاری از کشورها و سازمان‌ها به اجرا و پیاده‌سازی آینده‌نگری فناوری می‌پردازند(پارک و سان[1]، ۲۰۱۰). هدف اصلی از آینده‌نگری فناوری این است که فناوری‌های عمومی‌در حال ظهور شناسایی شود تا با سرمایه‌گذاری بر روی آن‌ها بزرگ‌ترین مزایای اجتماعی، اقتصادی ایجاد گردد(یونیدو[2]،۲۰۰۵). اروین و مارتین، آینده‌نگری فناوری را یک تمرین سیستماتیک می‌دانند که هدف آن مشاهده بلند مدت‌تری از آینده فناوری علم و نوآوری است که در نهایت منجر به ایجاد تصمیمات سیاسی آگاهانه‌تر می‌شود(کارلو و فرمندا[3]، ۲۰۱۵). اکتشاف فرصت‌های آتی به منظور اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های علمی‌و نوآورانه، تغییر مسیر سیستم‌های علم و فناوری، در نظر گرفتن بازیگران جدید در مناظرات استراتژیک و ایجاد شبکه‌ها و پیوندهای جدید میان بازارها، بخش‌ها و زمینه‌های مختلف برخی از اهدافی هستند که با آینده‌نگری فناوری محقق خواهد شد(یونیدو،۲۰۰۵).

ژاپن به عنوان کشور پیشرو در حوزه آینده‌نگری فناوری، اولین کشوری است که آینده‌نگری فناوری را در سطح ملی پیاده‌سازی کرد و این تمرین را از سال ۱۹۷۰ تاکنون به صورت منظم ادامه داده است(پارک و سان، ۲۰۱۰). بعد از ژاپن در اوایل ۱۹۸۰،کشور فرانسه شروع به اجرای تمرینات آینده‌نگری فناوری نمود. سپس در اواخر دهه ۱۹۸۰ کشورهایی مانند استرالیا، کانادا و سوئد تمرینات آینده‌نگری فناوری را پیاده‌سازی نمودند(یونیدو،۲۰۰۵). سازمان توسعه صنعتی سازمان ملل متحد از سال ۲۰۰۱ با برپایی کارگاه‌های آموزشی در ایالات تازه استقلال یافته و اروپای مرکزی و شرقی به تبادل دانش و تجربیات در حوزه آینده‌نگری فناوری پرداخته‌اند(پارک و سان، ۲۰۱۰). کشورهای آسیایی نیز در این حوزه نیز فعالیت‌هایی انجام داده‌اند. وزارت علم و فناوری کشور چین تمرینات آینده‌نگری فناوری در سطح ملی و با افق‌های زمانی متفاوت با استفاده از تحلیل دلفی پیاده‌سازی نمودند. آینده‌نگری فناوری که توسط وزارت علم و فناوری چین صورت گرفت مستقیما به پروژه‌های تحقیق و توسعه در سطح ملی می‌پرداخت(یانگ[4] و همکاران، ۲۰۰۴- اسکلوستینو و پارک[5]، ۲۰۰۶-

1 . Park & Son
2 . UNIDO
3 . Carlo & Fernanda
4 . Yang
5 . Schlosstein & Park

www.SID.ir

Arshive of SID

پارک و سان، ۲۰۱۰).

بررســی تاریخی تحول اقتصادی کشورهای توســعه یافته امروزی موید آن است که فناوری نقش محوری را در پیشرفت این جوامع ایفا نموده است و پیشرفت اقتصادی در گرو فناوری‌های نوین تولید است. در حال حاضر بخش اعظم تولیدات این کشورها را کالاهای صنعتی تشکیل می‌دهد(بانک جهانی، ۲۰۰۵). ادبیات مدیریت اســتراتژیک همواره به صورت کلی به مدیران توصیه می‌کند که برای حفظ مزیت رقابتی، فناوری‌های در حال اشــباع را رها کنند و به سوی فناوری‌های جدید بروند)اسماعیلیان و همکاران، ۲۰۱۷).

از آنجا که بخش معدن و صنایع معدنی کشور بسیار متنوع و وسیع است پروژه‌های بهره برداری و توسعه‌ای‌متعددی نیز در این حوزه تعریف می‌شود به گونه‌ای که اجرای هر پروژه خود نیازمند بکارگیری فناوری جدیدی اســت. پیچیدگی فناوری‌های نوظهور و امکان‌پذیر بودن آن‌ها از یک طرف، جذابیت فناوری‌ها از طرف دیگر سیاســت گذاران را با این ســوال مواجه می‌ســازد که کدام یک از فناوری‌های در حال ظهور می‌تواند به بهترین شکل پتانسیل‌های موجود در حوزه معدن و صنایع معدنی را شکوفا نماید و در عین حال ریسک‌های ناشی از انتخاب و سرمایه‌گذاری نامناسب در فناوری‌هایی که زمینه کافی برای توســعه و بهره برداری از آن‌ها وجود ندارد تا حد ممکن به حداقل برســاند. یکی از اهدافی که ســازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران(ایمیدرو[1]) دنبال می‌کند ارزیابی، انتخاب و توســعه فناوری‌هایی است که موجب توسعه هر چه بیشتر معادن و صنایع معدنی ایران شود. بنابراین مساله انتخاب فناوری‌های کلیدی، امری ضروری و بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

روش فناوری‌های کلیدی یکی از متدهای روش آینده‌نگری فناوری است که به تعیین اولویت برای توســعه فناوری و یا هزینه‌های تحقیق می‌پردازد و به شکل گســترده‌ای در کشورهای متعددی مانند جمهوری چک، فرانســه، هلند و امریکا استفاده شده است(یونیدو، ۲۰۰۵). وجود نظرات و قضاوت‌های خبــرگان و ارزش‌گذاری این نظــرات با اعداد قطعی می‌تواند دقت خروجی‌های این روش را به شــکل قابــل ملاحظه‌ای کاهش دهد. این پژوهش برای برطرف نمودن این مشــکل روش گســترش عملکرد کیفیت فازی را پیشــنهاد می‌کند. از طرف دیگر روش فناوری‌های بحرانی برای هر فناوری یک امتیاز امکان‌پذیر بودن و جذابیت تعیین می‌نماید. با رسم نمودار دو بعدی از تمامی‌فناوری‌ها، آن‌ها به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند. گروه اول که در بالا و سمت راست نمودار قرار دارند، فناوری‌های کلیدی نامیده

1 . IMIDRO

www.SID.ir

Arshive of SID

شده و در مرحله اول انتخاب می‌شوند. گروه سوم که در قسمت پایین و سمت چپ نمودار قرار می‌گیرند فناوری‌هایی هستند که دارای امکان‌پذیری کم و جذابیت پایین هستند. این گروه از فناوری‌ها حذف می‌گردند. گروه دوم که در قسمت میانی نمودار قرار می‌گیرند فناوری‌هایی هستند که برخی از آن‌ها دارای امکان‌پذیری بالا و جذابیت کم و برخی دیگر دارای امکان‌پذیری کم و جذابیت بالا هستند. انتخاب از میان این مجموعه کار مشکلی است زیرا با افزایش یک معیار، معیار دیگر کاهش می‌یابد. بنابراین اینکه کدام معیار نسبت به معیار دیگر ارجحیت داشته باشد تصمیم حساسی است که توسط خبرگان اتخاذ می‌شود. انتخاب گزینه‌های مناسب برای فناوری‌های کلیدی به صورت کیفی صورت می‌گیرد و از طریق بحث و گفتگو میان خبرگان حاصل می‌شود. ارائه روشی که بتواند هر دو معیار جذابیت و امکان‌پذیر بودن را با هم در نظر بگیرد و به هر فناوری یک امتیاز از برآیند دو معیار جذابیت و امکان‌پذیر بودن تخصیص دهد می‌تواند به ارزیابی خبرگان در این مرحله بسیار کمک کند و دقت نتایج نهایی را با حذف خطای انسانی تا حد مطلوبی افزایش دهد. این پژوهش برای بر طرف نمودن این مساله تحلیل پوششی داده‌ها و منطق فازی را پیشنهاد می‌کند. هدف تحقیق حاضر بهبود روش فناوری‌های کلیدی و بر طرف نمودن نقاط ضعف این روش است تا در نهایت با بکارگیری رویکرد پیشنهادی، فرآیند ارزیابی و انتخاب فناوری‌های کلیدی با دقت و سهولت بیشتری صورت پذیرد. در ادامه مروری بر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در آینده‌نگری فناوری ارائه می‌شود سپس روش فناوری‌های کلیدی، گسترش عملکرد کیفیت فازی، تحلیل پوششی داده‌ها و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مفهوم فازی تشریح می‌گردد (بخش۲). رویکرد پیشنهادی در بخش۳ و مطالعه موردی در بخش ۴ ارائه می‌گردد. نتیجه‌گیری و تحلیل نتایج در بخش پایانی (بخش۵) ارائه می‌شود.

۲- مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱- استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در آینده‌نگری فناوری

سالو[1] و همکاران معتقدند که روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره دارای پتانسیلی هستند که می‌توانند موجب قوی‌تر شدن و شفاف‌تر شدن فرآیند آینده‌نگری شوند. آن‌ها همچنین معتقدند که یکی از نقاط قوت روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبانی نظری این روش‌ها است که به عنوان یک مزیت در مقایسه با کارهایی که قبلاً در حوزه آینده‌نگری فناوری انجام شده است درنظر گرفته می‌شود(سالو و

1 . Salo

www.SID.ir

Arshive of SID

همکاران، ۲۰۰۳- اندروس[1] و همکاران، ۲۰۱۴). روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به طور گسترده‌ای به اســتقرار فرآیندهای سیستماتیک می‌پردازد تا در نهایت مسائلی که دارای اهداف غیر قابل مقایسه و دارای چندین ذی نفع و تعارض منافع هســتند را حل نماید (اندروس و همکاران، ۲۰۱۴). در اینجا بــه مرور تعدادی از مقالاتی که از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در آینده‌نگری فناوری اســتفاده کرده‌اند پرداخته می‌شود.

محقق منتظری و همکاران در مقاله خود به بهینه‌ســازی فرآینــد انتخاب فناوری مورد نیاز برای سیستم شبکه هوشمند برق می‌پردازند. آن‌ها با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره و بکارگیری روش وزن‌دهی افزایشی ساده مهم‌ترین فناوری‌های مورد نیاز شبکه هوشمند برق را تعیین می‌کنند(محقق منتظری و همکاران ۲۰۱۷). زلفانی و همکاران در پژوهش دیگری مدلی ارائه می‌دهند که به انتخاب پروژه‌های تحقیق و توســعه از دیدگاه آینده‌نگری فناوری می‌پردازد. آن‌ها با استفاده از تکنیک نسبت ارزیابی وزن‌دهی تدریجی[2] که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، معیارها و زیرمعیارهای تصمیم را ارزیابی و اهمیت هر معیار را به صورت اوزان نســبی مشــخص می‌کنند(زلفانی و همکاران، ۲۰۱۵). انــدروس و همــکاران معتقدند کــه روش‌های آینده‌نگری فناوری که بــه جمع آوری نظرات خبرگان می‌پردازند اغلب به صورت غیرکامپیوتری بوده از اینرو آن‌ها با ترکیب روش‌های الکتره[3] و مدل مجموع وزنی[4] اقدام به طراحی یک سیستم پشتیبانی آینده‌نگری فناوری کرده‌اند. رویکرد پیشنهادی به صورت یک تمرین آینده‌نگری فناوری در بازار پرداخت‌های موبایل سوئیس اجرا شده است و نتایج نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در کنار ابزارهای کامپیوتری می‌تواند فرآیند آینده‌نگری فناوری را بهبود بخشــد(اندروس و همکاران، ۲۰۱۴). اســتریمکین[5] و همکاران در تحقیق خود یک چارچوب پشــتیبانی از تصمیم چندمعیاره ارائــه می‌دهند و به کمک آن پایدارترین فناوری‌های تولید برق را انتخاب می‌کنند. از آنجا که انتخاب منابع انرژی پایدار یک مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره با معیارهای متضاد می‌باشــد آن‌ها از روش‌های مولتی مورا و تاپســیس[6] در تحقیق خود استفاده کرده‌اند(استریمکین و همکاران، ۲۰۱۲). شن[7] و همکاران در مقاله خود با بکارگیری روش‌های

1 . Ondrus
2 . SWARA
3 . ELECTRE
4 . Weight Sum Model
5 . Streimikiene
6 . MULTI MOORA & TOPSIS
7 . Shen

www.SID.ir

Arshive of SID

دلفی فازی، دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه[1] یک مدل انتخاب فناوری را ارائه می‌دهند که با درنظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی و صنعتی بتوان مناسب‌ترین فناوری‌ها را انتخاب نمود. همچنین آن‌ها با استفاده از رویکرد ثبت اختراع به شناسایی فناوری‌های کلیدی از میان داده‌های ثبت اختراع می‌پردازند(شن و همکاران ۲۰۱۱).

هکیون و چانگیون لی[2] در پژوهش دیگری یک رویکرد سیستماتیک برای اولویت‌بندی پروژه‌های تحقیق و توسعه ارائه می‌دهند. آن‌ها از دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و فرآیند تحلیل شبکه برای این منظور استفاده می‌کنند. به این صورت که ابتدا تحلیل فایده هزینه و تحلیل اجتماعی اقتصادی توسط روش تحلیل پوششی داده‌ها انجام می‌شود. تعدادی از فرآیندها در این مرحله غربالگری شده و فناوری‌های باقی مانده در مرحله دوم توسط روش فرآیند تحلیل شبکه و با معیارهایی جزئی‌تر ارزیابی و انتخاب می‌شود(هکیون و چانگیون لی، ۲۰۰۸).

۲-۲- روش فناوری‌های کلیدی

مطالعات آینده‌نگری فناوری معمولاً با هدف اولیه تعیین اولویت برای توسعه فناوری و یا اولویت‌بندی هزینه‌های تحقیقات انجام می‌شود. روش فناوری‌های کلیدی یکی از روش‌هایی است که به شناسایی فناوری‌های کلیدی و اولویت‌بندی آن‌ها می‌پردازد. این روش یک رویکرد مفید برای ارزیابی فناوری‌های گوناگون و یا مسیرهای تحقیقاتی است هنگامی‌که انتخاب اولویت‌ها وظیفه اصلی تمرینات آینده‌نگری فناوری باشد. استفاده از روش فناوری‌های کلیدی در موقعیت‌هایی که توصیه‌های مستقیم مجزا برای بحث در سطح سیاسی، اهداف اصلی هستند بسیار مفید است(یونیدو،۲۰۰۵).

روش فناوری‌های کلیدی از چهار مرحله اصلی تشکیل می‌شود که شامل: ۱- انتخاب گروه خبرگان ۲- تهیه لیست اولیه از تمامی‌فناوری‌ها ۳- خوشه‌بندی و اولویت‌بندی فناوری‌ها که معمولاً با استفاده از روش‌های رای‌گیری انجام می‌شود ۴- جمع آوری و تهیه لیست نهایی فناوری‌های کلیدی

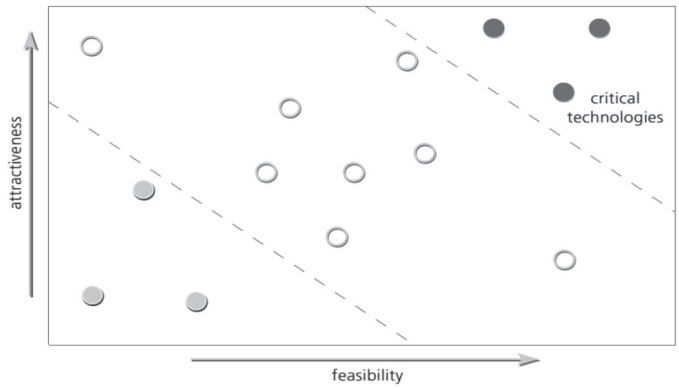
در این روش فناوری‌ها بر اساس دو معیار جذابیت و امکان‌پذیر بودن ارزیابی شده و سپس در یک ماتریس دوبعدی نشان داده می‌شوند. میزان جذابیت یک فناوری از طریق مزایای اجتماعی، اقتصادی و فرصت‌های علمی مرتبط با هر فناوری تعیین می‌گردد و امکان‌پذیر بودن فناوری‌ها شامل

1 . DEMATEL & ANP
2 . Hakyeon & Changyong Lee

www.SID.ir

Arshive of SID

پتانسیل‌های پژوهشی و فناوری و توانمندی هر فناوری در جذب مزایای اجتماعی و اقتصادی می‌باشد. فرآیند ارزیابی به این صورت است که افراد خبره ارتباط بین فناوری‌ها را با معیارهای تعریف شده در یک طیف پنج تایی به صورت یکی از اعداد ۱،۳،۵،۷،۹ نمره‌دهی می‌کنند. پس از اتمام فرآیند ارزیابی، فناوری‌ها به صورت شکل ۱ طبقه‌بندی می‌شوند(یونیدو،۲۰۰۵).



شکل ۱.جذابیت- امکان‌پذیری فناوری‌ها

تیگارت[1] معتقد است که مزیت اصلی این روش پیاده‌سازی راحت آن است(تیگارت، ۲۰۰۳). کلوساسک[2] در سال ۲۰۰۴ به پیاده‌سازی روش فناوری‌های کلیدی در کشور چک پرداخته است. این در حالی است که روش دلفی در آن زمان ستون فقرات چندین مطالعه آینده‌نگری فناوری در کشورهایی مانند ژاپن، انگستان و آلمان بود. وی علت استفاده نکردن از روش دلفی را زمان بر بودن این روش در مقایسه با روش فناوری‌های کلیدی عنوان می‌کند(کلوساسک، ۲۰۰۴). این روش دارای معایبی هم می‌باشد. تیگارت روش فناوری‌های کلیدی را یک روش غیر ساختار یافته می‌داند و معتقد است که نتایج بدست آمده از این روش متاثر از قوی‌ترین نظرات گروه خواهد بود(تیگارت، ۲۰۰۳).

قاضی نوری و همکاران در پژوهش خود از ماتریس توسعه یافته امکان‌پذیری- جذابیت روش فناوری‌های کلیدی استفاده کرده و فناوری‌ها را به چهار گروه کلی تقسیم می‌کنند به نحوی که به هر گروه از فناوری‌ها یک استراتژی عمومی‌تخصیص می‌یابد. آن‌ها معتقدند که بکارگیری ماتریس امکان‌پذیری- جذابیت برای تعیین استراتژی‌های عمومی هنگامی با مشکل مواجه می‌شود که تعدادی

1 . Tegart
2 . Klusacek

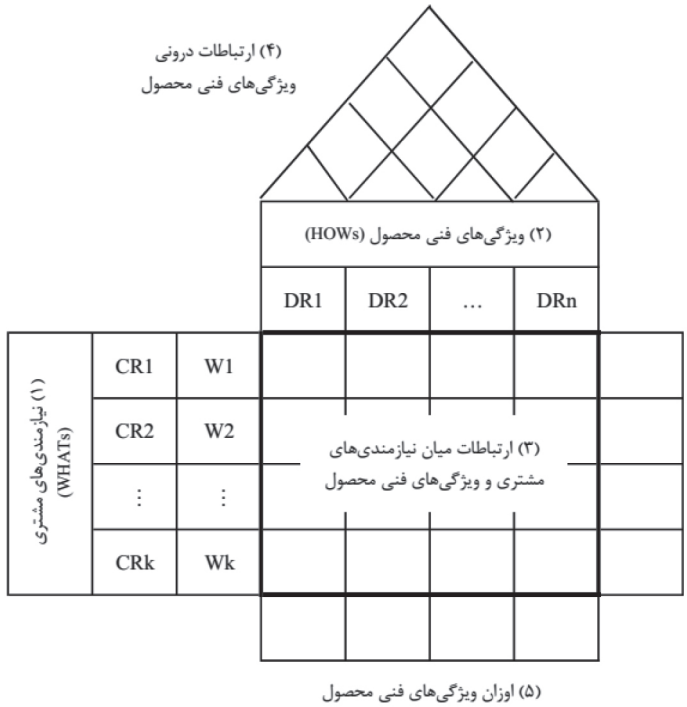
www.SID.ir

Arshive of SID

از فناوری‌ها در نواحی حاشیه‌ای و مرز مشترک بین گروه‌ها قرار می‌گیرند. آن‌ها استفاده از اعداد فازی را برای رفع این مشکل پیشنهاد می‌کنند(قاضی نوری و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۳- گسترش عملکرد کیفیت فازی(FQFD)

گســترش عملکرد کیفیت یکی از مهمترین ابزارهای مدیریت کیفیت است که برای طراحی و توسعه محصول بکار می‌رود. هنگامی که در طراحی محصول از گســترش عملکرد کیفیت استفاده شود، بین خواسته‌های مشتریان و مشخصات فنی محصول ارتباط برقرار می‌شود و این ارتباط از طریق ماتریسی به نام خانه کیفیت (شکل۲) به وجود می‌آید (راماناتان و یونفنگ[1]،۲۰۰۹).



شکل۲. ماتریس خانه کیفیت

۲-۳-۱- خواســته‌های مشتری: در قسمت (۱)، خواسته‌های مشتری و وزن مربوط به هر خواسته

1 . Ramanathan & Yunfeng

www.SID.ir

Arshive of SID

نوشته می‌شود (مومنی،۱۳۹۲).

۲-۳-۲- تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: خواسته‌های مشتری به صورت دو به دو با هم مقایسه و میزان ارجحیت هر کدام نسبت به دیگری به صورت عبارات کلامی‌مشخص می‌گردد.

۲-۳-۳-محاسبه S_i : برای هر سطر از ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_i بر اساس رابطه (۱) محاسبه می‌گردد که در آن M_{ij} عنصر سطر i ام و ستون j ام در ماتریس مقایسات زوجی است.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} M_{ij} \otimes \left[\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} M_{ij}\right]^{-1} \qquad (1)$$

۲-۳-۴- محاسبه درجه بزرگی: به طور کلی اگر $M_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $M_2=(l_2,m_2,u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند درجه بزرگی M_1 بر M_2 را با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان می‌دهیم و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_1 \geq M_2) = \begin{cases} 1 & m_1 \geq m_2 \\ \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2)+(m_2 - m_1)} & otherwise \end{cases} \qquad (2)$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه (۳) بدست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2, \dots, M_k) = min[V(M_1 \geq M_2), \dots, V(M_1 \geq M_k)] \qquad (3)$$

و برای محاسبه وزن خواسته‌های مشتری در ماتریس مقایسه زوجی از رابطه (۴) استفاده می‌شود:

$$W'(CR_i) = min\{V(S_i \geq S_k)\} \qquad k = 1,2,\dots,n \quad k \neq i$$
$$W' = [\, W'(CR_1), W'(CR_2), \dots, W'(CR_n) \,]^T \qquad (4)$$

۲-۳-۵- ویژگی‌های فنی محصول: در قسمت (۲)، ویژگی‌های فنی محصول نوشته می‌شود که هدف محاسبه وزن هر ویژگی فنی محصول می‌باشد.

۲-۳-۶- ماتریس ارتباطات(R) : در قسمت (۳)، میزان ارتباط ویژگی‌های فنی محصول با خواسته‌های مشتری به صورت یک عبارت کلامی‌مطابق جدول۱ تکمیل می‌شود.

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۱. عبارات کلامی و اعداد فازی (منبع: بویلاکوا[1] و همکاران، ۲۰۰۶)

ماتریس ارتباطات				
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
(۸,۹,۱۰)	(۶,۷,۸)	(۴,۵,۶)	(۲,۳,۴)	(۰,۱,۲)

از آنجا که این ارتباطات توسط خبرگان تعیین می‌شود، ابتدا عبارات کلامی‌به اعداد فازی تبدیل شده و سپس از نظرات خبرگان مطابق رابطه (۵) میانگین‌گیری می‌شود:

$$r_{ij} = \frac{1}{n} \otimes (r_{ij}1 + r_{ij}2 + \cdots + r_{ij}n) \qquad (۵)$$

وزن هر یک از ویژگی‌های فنی محصول با توجه به ارتباط خصوصیت مورد نظر با خواسته‌های مشتری به وسیله رابطه (۶) تعیین می گردد(بویلاکوا و همکاران،۲۰۰۶).

$$W_j = \frac{1}{k} \otimes \left(r_{j1} \otimes w_1 + r_{j2} \otimes w_2 + \cdots + r_{jk} \otimes w_k\right) \qquad (۶)$$

۲-۳-۷- قطعی‌سازی اعداد فازی: برای بدست آوردن مقدار قطعی وزن هر ویژگی فنی محصول که به صورت یک عدد فازی مثلثی می‌باشد از رابطه (۷) استفاده می‌شود:

$$\frac{l + 2m + u}{4} \qquad (۷)$$

۲-۴- تحلیل پوششی داده‌ها و منطق فازی

تحلیل پوششی داده‌ها، روشی مبتنی بر برنامه ریزی خطی است. این روش برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیری که وظایف یکسانی انجام می دهند، بکار می‌رود(مومنی،۱۳۹۲). چنانچه n واحد تصمیم‌گیری داشته باشیم به طوری که هر واحد تصمیم‌گیری دارای m ورودی و s خروجی باشد آنگاه مدل CCR برای واحدP به صورت زیر تعریف می‌شوند:

(۸)

1 . Bevilacquaa

www.SID.ir

Arshive of SID

$$max \quad \sum_{r=1}^{s} U_r\, y_{rp}$$

$$\text{s.t} \quad \sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{ip} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r\, y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{ij} \le 0$$

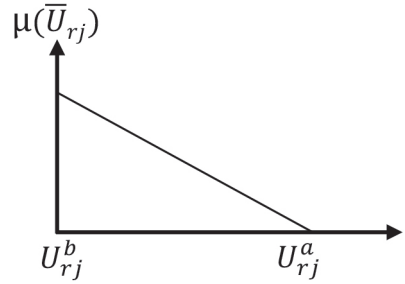
وزن داده شده به خروجی r ام، v_i: وزن داده شده به ورودی i ام، x_{ij}: مقدار ورودی i ام مربوط به واحد j ام، y_{ij}: مقدار خروجی i ام مربوط به واحد j ام. برای محاسبه کارایی تمامی‌واحدها ، باید n مدل تشکیل و حل شود (راماناتان و یونفنگ،۲۰۰۹). در بکارگیری مدل‌های کلاسیک معمولاً دو مشکل رخ می دهد. این دو مشکل شامل ضعف قدرت تفکیک و توزیع غیر واقعی وزن به ورودی و خروجی‌های مدل می باشد(مهرگان،۱۳۹۱).

در ایـن مقالـه رویکردی بکار می‌رود که در آن با اسـتفاده از منطق فازی به رفع این مشـکلات می‌پردازد. این رویکرد شامل مراحل زیر می‌شود:

۱. امتیاز کارایی برای تمام واحدهای تصمیم‌گیری با اسـتفاده از مدل کلاسـیک تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه می‌شود(مدل۸).

۲. برای هر یک از اوزان مثبت مربوط به متغیرهای خروجی واحدهای تصمیم‌گیری یک تابع درجه عضویت به شرح زیر تعریف می‌گردد:

چنانچه $\overline{U}_{rj}$ ، متغیر فازی مرتبط با خروجی r ام از واحد تصمیم‌گیری j ام باشد آنگاه می‌توان آن را بـه صـورت یک عدد فازی مثلثی با حـد پایین U_{rj}^{b} و حد بـالای U_{rj}^{a} و تابع درجه عضویت $\mu(\overline{U}_{rj})$ تعریف نمود(شکل۳).



شکل۳. عدد فازی مثلثی مرتبط با خروجی r ام

www.SID.ir

Arshive of SID

$$\mu(\overline{U}_{rj}) = \frac{U^a_{rj} - \overline{U}_{rj}}{U^a_{rj} - U^b_{rj}} \qquad r \in k \qquad k = \{r | U^a_{rj} > 0\} \qquad (۹)$$

در تشکیل توابع درجه عضویت فرض می‌شود که $U^b_{rj} = 0$ و $U^a_{rj} = U^*_{rj}$ (U^*_{rj} جواب بهینه بدست آمده برای واحد تصمیم‌گیری است)

۳. تابع عضویت جدید به همراه یک محدودیت، به مدل ۸ اضافه می‌گردد(مدل۱۰).

$$\text{Max} \quad \mu(\overline{U}_{rp}) = \frac{U^a_{rp} - \overline{U}_{rp}}{U^a_{rj} - U^b_{rj}} \qquad (۱۰)$$

$$\max \quad \sum_{r=۱}^{s} \overline{U}_{rp}\, y_{rp}$$

$$\text{s.t} \quad \sum_{i=۱}^{m} v_i\, x_{ip} = ۱$$

$$\sum_{r=۱}^{s} \overline{U}_{rj}\, y_{rj} - \sum_{i=۱}^{m} v_i\, x_{ij} \le 0$$

$$\overline{U}_{rp} \le U^a_{rp}$$

$$v_i \ge 0 \quad i = ۱,۲,\dots,m$$

۴. از آنجا که مدل ۱۰ ، یک مدل با چندین تابع هدف می‌باشد بنابراین برای حل آن نیاز است که ابتدا به مدل برنامه‌ریزی خطی با یک تابع هدف تبدیل شود(مدل ۱۱).

$$\text{Max} \quad \alpha \qquad (۱۱)$$

$$\text{s.t} \quad \sum_{i=۱}^{m} v_i\, x_{ip} = ۱$$

$$\sum_{r=۱}^{s} \overline{U}_{rp}\, y_{rj} - \sum_{i=۱}^{m} v_i\, x_{ij} \le 0$$

$$\mu(\overline{U}_{rp}) \ge \alpha$$

$$\sum_{r=۱}^{s} \overline{U}_{rp}\, y_{rp} \ge \alpha$$

$$\overline{U}_{rp} \le U^a_{rp}$$

$$v_i \ge 0 \quad i = ۱,۲,\dots,m$$

www.SID.ir

Arshive of SID

بـا حل مدل ۱۱ مجدداً امتیاز کارایی برای تمامی‌واحدها محاسـبه می‌شـود. چنانچه بر اسـاس امتیازات کارایی بدست آمده بتوان تمامی‌واحدها را رتبه‌بندی نمود آنگاه الگوریتم متوقف می‌شود در غیر اینصورت به مرحله بعد می‌رویم.

۵. برای اوزان غیرصفر متغیرهای خروجی واحدهای کارا، یک تابع درجه عضویت جدید تعریف و به مدل اضافه می‌شود. مدل جدید مجدداً حل شده و امتیاز کارایی محاسبه می‌گردد. چنانچه بر اساس امتیازات بدست آمده بتوان تمامی واحدها را رتبه‌بندی نمود آنگاه توقف می‌کنیم در غیر اینصورت مجدداً این مرحله تکرار می‌شود(ظرافت انگیز و همکاران،۲۰۱۰).

۲-۵- توسعه خانه کیفیت به کمک تحلیل پوششی داده‌ها

در ماتریس خانه کیفیت(شکل۲)، وزن ویژگی‌های فنی محصول با توجه به اوزان خواسته‌های مشتری و ماتریس ارتباطات بدسـت می‌آید. چنانچه بجای اسـتفاده از محاسبات خانه کیفیت از مدل تحلیل پوششـی داده‌ها استفاده شـود می‌توان عوامل اثرگذار متعددی را در محاسـبه وزن ویژگی‌های فنی محصـول وارد کـرد. در این روش هر ویژگی فنی محصول از ماتریس خانه کیفیت به عنوان یک واحد تصمیم در مدل تحلیل پوششـی درنظر گرفته می‌شـود و هدف این اسـت که وزن نسـبی هر واحد تصمیم محاسبه گردد. از آنجا که در ماتریس خانه کیفیت به افزایش هرچه بیشتر اهمیت خواسته‌های مشـتری پرداخته می‌شـود و این معیارها از نوع افزایشی هسـتند بنابراین خواسته‌های مشتری را به عنوان خروجی‌های مدل تحلیل پوششی درنظر می‌گیریم و عواملی مانند هزینه که معیارهایی کاهشی محسـوب می‌شوند به عنوان ورودی‌های مدل درنظر گرفته می‌شـود(گلانی و رل[1]،۱۹۸۹). جدول ۲ حالت کلی این وضعیت را نمایش می‌دهد. پس از تعریف متغیرهای ورودی و خروجی در مدل تحلیل پوششی، مدل حل و کارایی واحدها بدست می‌آید. این امتیاز کارایی به عنوان وزن ویژگی فنی محصول در نظر گرفته می‌شود (راماناتان و یونفنگ،۲۰۰۹).

1 . Golany & Roll

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۲. متغیرهای ورودی و خروجی رویکرد QFD-DEA

	ورودی ۱	ورودی ۲	...	ورودی m	خروجی ۱ (خواسته ۱ مشتری)	خروجی ۲ (خواسته ۲ مشتری)	...	خروجی s (خواسته s مشتری)
DMU_1 (ویژگی فنی ۱)	x_{11}	x_{21}	...	x_{m1}	y_{11}	y_{21}	...	y_{s1}
DMU_2 (ویژگی فنی ۲)	x_{12}	x_{22}	...	x_{m2}	y_{12}	y_{22}	...	y_{s2}
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮		⋮
DMU_n (ویژگی فنی n)	x_{1n}	x_{2n}	...	x_{mn}	y_{1n}	y_{2n}	...	y_{sn}

۲-۶- چارچوب نظری

پس از مطالعه و جمع‌بندی تحقیقاتی که در این حوزه صورت گرفته‌اند و با نظرسنجی از خبرگان، معیارهایی برای ارزیابی جذابیت و امکان‌پذیری فناوری‌های توسعه بخش معدن و صنایع معدنی استخراج شدند که به صورت خلاصه در جدول ۳ آورده شده است. همچنین با توجه به ماهیت هر معیار، افزایشی یا کاهشی بودن آن‌ها تیز مشخص شده است. فناوری‌های مطلوب فناوری‌هایی هستند که در مرحله ارزیابی نمرات بالاتری از معیارهای افزایشی و نمرات کمتری از معیارهای کاهشی بدست آورده باشند.

جدول ۳. معیارهای ارزیابی فناوری‌ها

	امکان‌پذیر بودن	منبع	نوع معیار
۱	زمان مناسب توسعه فناوری	(شن و همکاران، ۲۰۱۱)	افزایشی
۲	در دسترس بودن منابع و دانش فنی و اطلاعات مورد نیاز	(شن و همکاران، ۲۰۱۱)	افزایشی
۳	احتمال موفقیت فنی	(زلفانی و همکاران، ۲۰۱۵)(مید و پرسلی، ۲۰۰۲)	افزایشی
۴	امکان‌پذیر نبودن از نظر مالی	(زلفانی و همکاران، ۲۰۱۵) (کومار، ۲۰۰۴)	کاهشی
۵	در دسترس بودن نیروی کار متخصص مورد نیاز	(قاضی نوری و همکاران، ۲۰۰۹)	افزایشی
۶	دسترسی به تجهیزات و سخت افزارهای مورد تیاز	(قاضی نوری و همکاران، ۲۰۰۹)	افزایشی
۷	وجود ساختار مناسب جهت توسعه فناوری	خبرگان	افزایشی

www.SID.ir

Arshive of SID

	جذابیت	منبع	نوع معیار
۱	نوآوری فناوری در استفاده از منابع معدنی کم عیار	(شن و همکاران، ۲۰۱۱)	افزایشی
۲	فناوری عمومی‌برای بخش معدن یا صنایع معدنی	(شن و همکاران، ۲۰۱۱)	افزایشی
۳	سهم بازار داخلی و بین المللی فناوری	(زلفانی و همکاران، ۲۰۱۵) (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۸) (موهنتی و همکاران، ۲۰۰۵) (کلدریک و همکاران، ۲۰۰۵)	افزایشی
۴	ارزش افزوده مرتبط با توسعه فناوری	(محقق منتظری و بیشه، ۲۰۱۷)	افزایشی
۵	امکان صادرات فناوری پس از دسترسی کامل به آن	(محقق منتظری و بیشه، ۲۰۱۷)	افزایشی
۶	فوریت و ضرورت داشتن فناوری	(محقق منتظری و بیشه، ۲۰۱۷)	افزایشی
۷	توسعه و بهبود فرآیندهای بخش معدن و صنایع معدنی	(محقق منتظری و بیشه، ۲۰۱۷)	افزایشی
۸	احتمال جایگزینی فناوری با فناوری جدیدتر	(محقق منتظری و بیشه، ۲۰۱۷)	کاهشی

۳- رویکرد پیشنهادی

اگر مجموعه $T=\{T_1,T_2,\ldots,T_n\}$ یک مجموعه گسسته ، متشکل از n فناوری باشد و متغیرهای ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها را به ترتیب با $I=\{I_1,I_2,\ldots,I_m\}$ و $o=\{o_1,o_2,\ldots,o_s\}$ نمایش دهیم، آنگاه برای ارزیابی و رتبه‌بندی فناوری‌ها باید قدم‌های زیر را طی نماییم:

قدم۱) تعریف معیارهایی برای ارزیابی جذابیت و امکان‌پذیری فناوری‌ها

قدم۲) تشکیل ماتریس ارتباطات (R): به کمک این ماتریس ارتباط میان هر فناوری با تک تک معیارهای ارزیابی از طریق پرسشنامه و با نظرسنجی از خبرگان به صورت یک عبارت کلامی‌تعیین می‌شود. عناصر این ماتریس پس از میانگین‌گیری فازی از نظرات خبرگان و سپس قطعی‌سازی اعداد فازی بدست می‌آید.

قدم۳) تعیین متغیرهای ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها: نمرات بدست آمده از معیارهای افزایشی در ماتریس R را به صورت ماتریس Y در نظر می‌گیریم که شامل متغیرهای

www.SID.ir

Arshive of SID

خروجی و نمرات بدست آمده از معیارهای کاهشی را به صورت ماتریس X در نظر می‌گیریم که شامل متغیرهای ورودی مدل تحلیل پوششی می‌شود.

$$Y=\begin{bmatrix} y_{11} & y_{21} & \cdots & y_{s1} \\ y_{12} & y_{22} & \cdots & y_{s2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{1n} & y_{2n} & \cdots & y_{sn} \end{bmatrix} \quad (11) \qquad X=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{m1} \\ x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{m2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1n} & x_{2n} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

قدم۴) تشکیل مدل تحلیل پوششی داده‌ها : با استفاده از ماتریس‌های X , Y مدل ۸ را تشکیل داده و امتیاز کارایی مربوط به هر فناوری را محاسبه می‌کنیم.

قدم۵) تعریف تابع عضویت: برای اوزان مثبت متغیرهای خروجی مربوط به فناوری‌هایی که کارایی آن‌ها یک شده است با استفاده از رابطه ۹ یک تابع عضویت تعریف می‌شود.

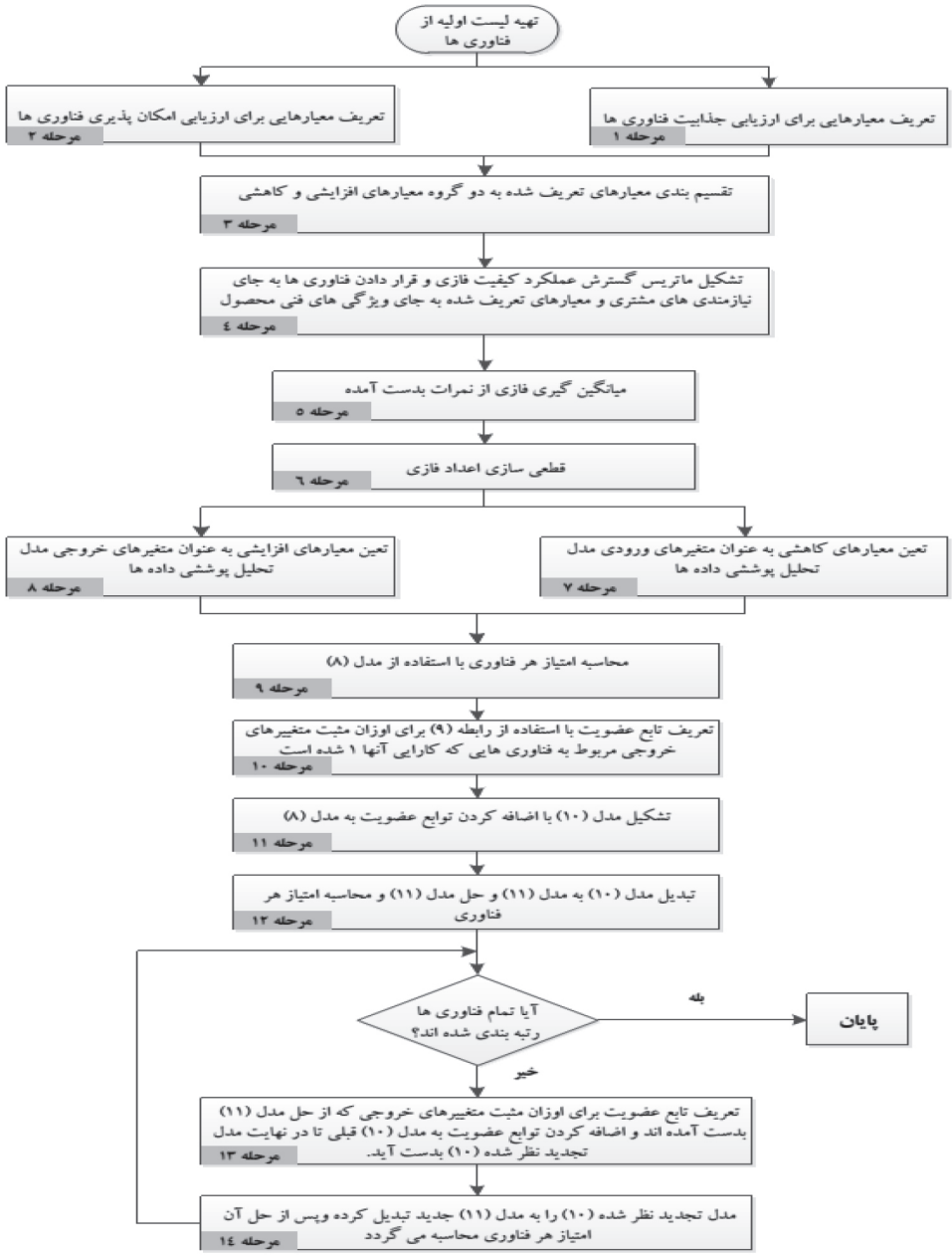
قدم۶) محاسبه مجددکارایی برای واحدهای کارا: با تشکیل مدل ۱۱ و حل آن مجددا امتیاز کارایی واحدهای کارا محاسبه می‌گردد. قدم‌های ۵ و ۶ آن قدر تکرار می‌شوند تا تمامی واحدهای کارا رتبه‌بندی شوند. مراحل انجام کار در شکل ۴ به صورت خلاصه آورده شده است.

۴- مطالعه موردی و تحلیل نتایج

یکی از اهدافی که سازمان ایمیدرو دنبال می‌کند ارزیابی و انتخاب فناوری‌هایی است که موجب توسعه هر چه بیشتر معادن و صنایع معدنی ایران شود. این سازمان در بخش توسعه و انتقال فناوری اقدام به تعریف ۱۷ فناوری نموده است. این فناوری‌ها بر اساس معیارهای استخراج شده از چارچوب نظری ابتدا با روش فناوری‌های کلیدی و سپس رویکرد بهبود یافته روش فناوری‌های کلیدی ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند.

www.SID.ir

Arshive of SID



شکل۴. مراحل انجام کار رویکرد پیشنهادی

www.SID.ir

Arshive of SID

۴-۱- روش مرسوم فناوری‌های کلیدی

ابتدا گروهی از افراد خبره با تجربیات و تخصص‌های گوناگون انتخاب شدند. با برگزاری جلسات طوفان ذهنی و با بررسی مطالعات پیشین انجام شده یک لیست اولیه متشکل از ۱۷ فناوری مرتبط با حوزه معدن و صنایع معدنی تهیه شـد. سپس ارتباط میان هر فناوری با معیارهای بدست آمده از چارچوب نظری از طریق پرسشـنامه و با نظرسـنجی از خبرگان در یک طیف پنج تایی به صورت یکی از اعداد ۱،۳،۵،۷،۹ مشـخص گردید. از آنجا که در ماتریس امکان‌پذیری- جذابیت، تمامی‌معیارها باید از نوع افزایشی باشند بنابراین دو معیار "امکان‌پذیر نبودن از نظر مالی" و "احتمال جایگزینی فناوری با فناوری جدیدتر" که معیارهایی کاهشـی هستند را به معیارهای افزایشـی تبدیل می‌کنیم . برای این منظور عناوین آن‌ها به "امکان‌پذیر بودن از نظر مالی" و "عدم احتمال جایگزینی فناوری با فناوری جدیدتر" تغییر می‌یابد و نمرات بدسـت آمده برای این معیارها از عدد ده کم می‌شـود تا نمرات نیز متناسب با تغییر نام معیارها، تغییر کنند. نتایج بدست آمده در شکل ۵ و اولویت مربوط به هر فناوری در جدول۴ آورده شده است.

۴-۲- روش بهبود یافته فناوری‌های کلیدی

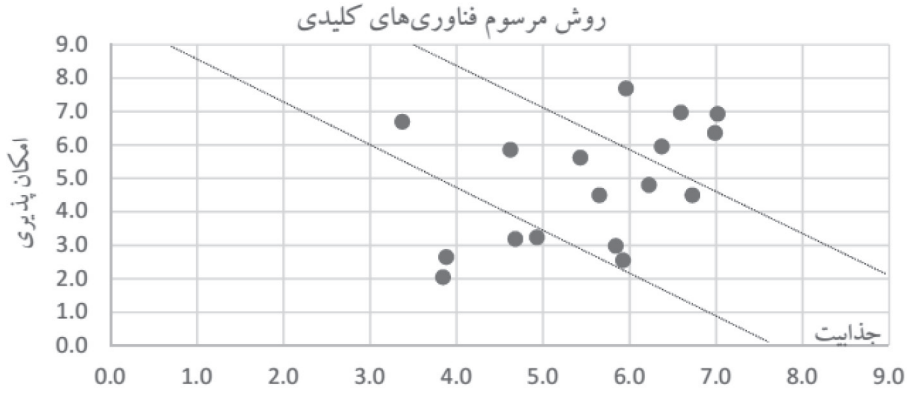
قدم۱و۲) ارتباط میان هر فناوری با معیارهای بدسـت آمده از چارچوب نظری از طریق پرسشـنامه و با نظرسـنجی از خبرگان تعیین شده اسـت. عناصر این ماتریس پس از میانگین‌گیری فازی و سپس قطعی‌سازی در جدول ۵ نشان داده شده است.

قدم۳) تعیین متغیرهای ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششـی داده‌ها: نمرات بدسـت آمده از معیارهای افزایشی در ماتریس R را به صورت ماتریس Y در نظر می‌گیریم که دارای ۱۷ سطر و ۱۳ سـتون اسـت. به همین ترتیب ماتریس X که یک ماتریس با ۱۷ سطر و ۲ ستون می‌باشد به عنوان مقدار متغیرهای ورودی مدل درنظر گرفته می‌شود.

قدم۴) با ماتریس‌های X , Y مدل ۸ را تشـکیل داده و با حل این مدل در نرم افزار متلب کارایی هر فناوری محاسبه می‌شود. در این مرحله ۱۵ فناوری که کارایی آن‌ها مخالف یک بدست آمده است مطابق جدول۶ رتبه‌بندی می‌شوند.

www.SID.ir

Arshive of SID



شکل۵. نمودار جذابیت-امکان‌پذیری فناوری‌ها (روش مرسوم فناوری‌های کلیدی)

جدول۴. رتبه‌بندی فناوری‌ها بر اساس روش مرسوم فناوری‌های کلیدی

	فناوری	رتبه هر فناوری
T۱	فرآوری مس به روش بایولیچینگ	۲
T۲	فرآوری سنگ آهن به روش مغناطیسی	۱
T۳	فرآوری طلا به روش سیانیداسیون	۵
T۴	فرآوری زغالسنگ	۱۵
T۵	تولید چدن در روش کوره بلند	۱۶
T۶	فرآوری روی به روش پیرومتالوژی	۶
T۷	تولید فولاد خام در کوره قوس الکتریکی	۹
T۸	تولید آهن اسفنجی به روش پرد	۸
T۹	تکنولوژی اکتشافات عمیق	۱۱
T۱۰	تکنولوژی تجهیز معادن زیرزمینی زغالسنگ	۱۷
T۱۱	فرآوری روی به روش هیدرومتالوژی	۱۲
T۱۲	فرآوری مس به روش لیچینگ	۱۳
T۱۳	تولید فولاد خام در کنورتور	۱۴
T۱۴	فرآوری مس به روش پیرومتالوژی	۳
T۱۵	تولید آهن اسفنجی به روش میدرکس	۴
T۱۶	فرآوری سنگ آهن به روش خردایش و دانه‌بندی	۷
T۱۷	فرآوری طلا به روش هیدرومتالوژی	۱۰

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۵. میانگین نظرات خبرگان پس از قطعی‌سازی-ماتریس R

فناوری	امکان پذیر بودن							جذابیت							
	وجود ساختار مناسب جهت توسعه فناوری	دسترسی به تجهیزات و سخت‌افزارهای مورد نیاز	در دسترس بودن نیروی کار متخصص مورد نیاز	امکان پذیر نبودن از نظر مالی	احتمال موفقیت فنی	در دسترس بودن منابع و دانش فنی و اطلاعات مورد نیاز	زمان مناسب توسعه فناوری	احتمال جایگزینی فناوری با فناوری جدیدتر	توسعه و بهبود فرایندهای بخش معدن و صنایع معدنی	فوریت و ضرورت داشتن فناوری	امکان صادرات فناوری پس از دسترسی کامل به آن	ارزش افزوده مرتبط با توسعه فناوری	سهم بازار داخلی و بین المللی فناوری	فناوری عمومی برای بخش معدن یا صنایع معدنی	نوآوری فناوری در استفاده از منابع معدنی کم عیار
	افزایشی	افزایشی	افزایشی	کاهشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی	کاهشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی
T۱	۶.۶۴۷	۶.۱۷۶	۶.۲۹۴	۶.۱۷۷	۷.۳۵۳	۶.۸۸۲	۷.۳۵۳	۶.۱۷۷	۷.۱۱۸	۶.۸۸۲	۷.۹۴۱	۷.۹۴۱	۷.۹۴۱	۷.۹۴۱	۷.۸۲۴	۶.۴۱۲
T۲	۷.۲۳۶	۶.۷۶۵	۶.۸۸۳	۲.۸۸۲	۶.۰۵۹	۷.۳۵۳	۷.۱۱۸	۲.۰۵۸	۶.۸۸۳	۷.۲۳۶	۶.۶۴۷	۶.۰۵۹	۷.۳۵۳	۷.۳۵۳	۷.۳۵۳	۶.۶۴۷
T۳	۶.۲۹۴	۶.۸۸۲	۵.۹۴۱	۴.۴۱۲	۶.۴۱۲	۵.۱۱۸	۵.۴۷۱	۴.۸۸۳	۷.۱۱۸	۶.۶۴۷	۶.۲۹۴	۵.۷۰۶	۷.۲۳۵	۶.۸۸۲	۵.۹۴۱	
T۴	۱.۹۴۱	۳.۱۱۸	۳.۵۸۸	۶.۸۸۳	۳.۵۸۸	۳.۷۰۶	۳.۲۳۵	۴.۵۳۰	۴.۵۲۹	۵.۵۸۸	۵.۴۷۱	۳.۷۰۶	۳.۸۲۴	۵.۱۱۸	۳.۷۰۶	
T۵	۳.۲۳۵	۱.۴۷۱	۲.۷۶۵	۷.۳۵۳	۲.۲۹۴	۳.۷۰۶	۲.۴۱۲	۳.۲۳۵	۳.۳۲۵	۲.۵۲۹	۵.۴۷۱	۳.۲۳۵	۲.۵۲۹	۲.۶۴۷	۴.۵۲۹	
T۶	۴.۵۲۹	۴.۰۵۹	۴.۰۵۹	۵.۵۸۸	۴.۸۸۲	۴.۶۴۷	۴.۸۸۲	۴.۶۴۷	۷.۱۱۸	۷.۵۸۸	۷.۱۱۸	۷.۳۵۳	۶.۰۵۹	۶.۰۵۹	۷.۱۱۸	
T۷	۵.۱۱۸	۶.۰۵۹	۶.۲۹۴	۳.۴۷۱	۵.۱۱۸	۵.۵۸۸	۶.۲۹۴	۳.۹۴۱	۴.۲۹۴	۴.۱۷۶	۴.۷۶۵	۴.۸۸۲	۴.۶۴۷	۳.۹۴۱	۴.۱۷۶	
T۸	۳.۷۰۶	۴.۸۸۲	۵.۱۱۸	۳.۳۵۳	۴.۲۹۴	۴.۲۹۴	۴.۶۴۷	۶.۱۷۷	۵.۸۲۴	۶.۸۸۲	۶.۸۸۲	۶.۶۴۷	۶.۱۷۶	۶.۶۴۷	۶.۸۸۲	
T۹	۷.۱۱۸	۷.۸۲۴	۷.۵۸۸	۵.۴۷۱	۶.۴۱۲	۶.۷۶۵	۶.۶۴۷	۵.۴۷۱	۲.۸۸۲	۱.۹۴۱	۲.۸۸۲	۴.۵۲۹	۱.۸۲۴	۳.۸۲۴	۴.۵۲۹	
T۱۰	۱.۲۳۵	۱.۲۳۵	۱.۹۴۱	۳.۸۲۴	۱.۲۳۵	۱.۲۳۵	۱.۲۳۵	۵.۴۷۱	۴.۴۱۲	۳.۴۷۱	۳.۰۰۰	۴.۴۱۲	۴.۲۹۴	۲.۶۴۷	۳.۹۴۱	
T۱۱	۲.۲۹۴	۲.۵۲۹	۳.۸۲۴	۵.۱۱۸	۱.۵۸۸	۳.۵۸۸	۲.۱۷۶	۵.۴۷۱	۶.۲۹۴	۶.۴۱۲	۵.۸۲۴	۶.۱۷۶	۵.۱۱۸	۶.۰۵۹	۶.۲۹۴	
T۱۲	۲.۵۲۹	۲.۲۹۴	۲.۶۴۷	۴.۸۸۳	۱.۲۳۵	۲.۷۶۵	۱.۲۳۵	۵.۳۵۳	۵.۳۲۵	۶.۵۲۹	۶.۸۸۲	۶.۷۶۵	۵.۵۸۸	۶.۴۱۲	۵.۲۳۵	
T۱۳	۳.۵۸۸	۳.۳۲۵	۲.۵۲۹	۶.۷۶۵	۲.۲۹۴	۴.۰۵۹	۳.۵۸۸	۴.۲۹۴	۴.۶۴۷	۴.۲۹۴	۴.۲۹۴	۴.۴۱۲	۴.۷۶۵	۵.۸۲۴	۵.۴۷۱	
T۱۴	۸.۴۱۲	۷.۸۲۴	۶.۶۴۷	۵.۰۰۰	۷.۳۵۳	۶.۸۸۲	۶.۶۴۷	۵.۲۳۵	۷.۲۳۵	۷.۱۱۸	۶.۴۱۲	۶.۸۸۲	۶.۴۱۲	۷.۵۸۸	۶.۲۹۴	
T۱۵	۸.۰۵۹	۷.۱۱۸	۸.۵۲۹	۵.۱۱۸	۸.۵۲۹	۸.۲۹۴	۸.۴۱۲	۵.۸۲۴	۵.۷۰۶	۵.۷۰۶	۵.۵۸۸	۶.۴۱۲	۷.۱۱۸	۶.۵۲۹	۶.۴۱۲	
T۱۶	۶.۴۱۲	۵.۷۰۶	۶.۱۷۶	۳.۸۲۳	۵.۷۰۶	۳.۹۴۱	۵.۲۳۵	۲.۱۷۷	۵.۲۳۵	۵.۱۱۸	۵.۱۱۸	۶.۷۶۵	۴.۸۸۲	۳.۳۵۳	۵.۱۱۸	
T۱۷	۴.۵۲۹	۴.۸۸۲	۳.۹۴۱	۴.۵۳۰	۳.۵۸۸	۵.۴۷۱	۳.۵۸۸	۵.۳۵۳	۵.۹۴۱	۶.۷۶۵	۴.۸۸۲	۴.۸۸۲	۵.۱۱۸	۶.۶۴۷	۶.۲۹۴	

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول۶. نتایج بدست آمده از حل مدل ۸ و محاسبه رتبه تعدادی از فناوری‌ها

	فناوری	امتیاز کارایی	رتبه	اوزان غیرصفر متغیرهای خروجی	
				y۱۲	y۴
T۱	فرآوری مس به روش بایولیچینگ	۰.۶۱۱	۱۰	–	–
T۲	فرآوری سنگ آهن به روش مغناطیسی	۱.۰۰۰	–	۰	۰.۱۶۵
T۳	فرآوری طلا به روش سیانیداسیون	۰.۶۹۱	۷	–	–
T۴	فرآوری زغالسنگ	۰.۳۷۴	۱۷	–	–
T۵	تولید چدن در روش کوره بلند	۰.۵۲۴	۱۵	–	–
T۶	فرآوری روی به روش پیرومتالوژی	۰.۶۲۶	۹	–	–
T۷	تولید فولاد خام در کوره قوس الکتریکی	۰.۷۵۹	۵	–	–
T۸	تولید آهن اسفنجی به روش پرد	۰.۹۴۳	۳	–	–
T۹	تکنولوژی اکتشافات عمیق	۰.۶۰۹	۱۱	–	–
T۱۰	تکنولوژی تجهیز معادن زیرزمینی زغالسنگ	۰.۵۴۹	۱۴	–	–
T۱۱	فرآوری روی به روش هیدرومتالوژی	۰.۵۷۴	۱۳	–	–
T۱۲	فرآوری مس به روش لیچینگ	۰.۶۵۹	۸	–	–
T۱۳	تولید فولاد خام در کنورتور	۰.۳۹۴	۱۶	–	–
T۱۴	فرآوری مس به روش پیرومتالوژی	۰.۶۹۹	۶	–	–
T۱۵	تولید آهن اسفنجی به روش میدرکس	۰.۷۹۳	۴	–	–
T۱۶	فرآوری سنگ آهن به روش خردایش و دانه‌بندی	۱.۰۰۰	–	۰.۰۳۰	۰.۱۲۲
T۱۷	فرآوری طلا به روش هیدرومتالوژی	۰.۶۰۲	۱۲	–	–

قـدم۵) برای اوزان مثبت متغیرهای خروجـی y۱۲ , y۴ مربوط به فناوری‌های ۲و ۱۶ که کارایی آن‌ها یک شده است با استفاده از رابطه ۸ تابع عضویت تعریف می‌شود(جدول۷).

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول۷. توابع درجه عضویت اوزان غیر صفر متغیرهای خروجی

فناوری	$y_{۱۲}$	$y_{۴}$
T۲	۰	$\frac{.۱۶۵ - y۴}{.۱۶۵}$
T۱۶	$\frac{.۰۳۰ - y۱۲}{.۰۳۰}$	$\frac{.۱۲۲ - y۴}{.۱۲۲}$

قدم۶) با تشکیل مدل ۱۱ و حل آن مجددا امتیاز کارایی واحدهای کارا محاسبه می‌گردد. در این مرحله امتیاز کارایی فناوری T۱۶ مخالف یک شده و رتبه تمامی‌واحدها مشخص می‌گردد و الگوریتم خاتمه می‌یابد(جدول ۸).

جدول ۸. رتبه‌بندی نهایی فناوری‌ها(بر اساس روش بهبود یافته فناوری‌های کلیدی)

فناوری		امتیاز کارایی	رتبه هر فناوری
T۱	فرآوری مس به روش بایولیچینگ	۰.۶۱۱	۱۰
T۲	فرآوری سنگ آهن به روش مغناطیسی	۱.۰۰۰	۱
T۳	فرآوری طلا به روش سیانیداسیون	۰.۶۹۱	۷
T۴	فرآوری زغالسنگ	۰.۳۷۴	۱۷
T۵	تولید چدن در روش کوره بلند	۰.۵۲۴	۱۵
T۶	فرآوری روی به روش پیرومتالوژی	۰.۶۲۶	۹
T۷	تولید فولاد خام در کوره قوس الکتریکی	۰.۷۵۹	۵
T۸	تولید آهن اسفنجی به روش پرد	۰.۹۴۳	۳
T۹	تکنولوژی اکتشافات عمیق	۰.۶۰۹	۱۱
T۱۰	تکنولوژی تجهیز معادن زیرزمینی زغالسنگ	۰.۵۴۹	۱۴
T۱۱	فرآوری روی به روش هیدرومتالوژی	۰.۵۷۴	۱۳
T۱۲	فرآوری مس به روش لیچینگ	۰.۶۵۹	۸

www.SID.ir

Arshive of SID

	فناوری	امتیاز کارایی	رتبه هر فناوری
T۱۳	تولید فولاد خام در کنورتور	۰.۳۹۴	۱۶
T۱۴	فرآوری مس به روش پیرومتالوژی	۰.۶۹۹	۶
T۱۵	تولید آهن اسفنجی به روش میدرکس	۰.۷۹۳	۴
T۱۶	فرآوری سنگ آهن به روش خردایش و دانه‌بندی	۰.۹۰۳	۲
T۱۷	فرآوری طلا به روش هیدرومتالوژی	۰.۶۰۲	۱۲

با توجه به نتایج بدست آمده از روش بهبود یافته، فناوری‌های شماره ۲،۱۶،۸،۱۵،۷ با عناوین "فرآوری سنگ آهن به روش مغناطیسی" "فرآوری سنگ آهن به روش خردایش و دانه‌بندی" "تولید آهن اسفنجی به روش پرد" "تولید آهن اسفنجی به روش میدرکس" "تولید فولاد خام در کوره قوس الکتریکی" در پنج اولویت اول قرار گرفته‌اند که اولویت این فناوری‌ها نیز مورد تایید خبرگان می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

روش فناوری‌های کلیدی یکی از روش‌های آینده‌نگری فناوری است که هدف اصلی آن شناسایی و تهیه فهرستی از فناوری‌های کلیدی است. این روش یک رویکرد مفید برای ارزیابی فناوری‌های گوناگون و یا مسیرهای تحقیقاتی است هنگامی‌که انتخاب اولویت‌ها، وظیفه اصلی تمرینات آینده‌نگری فناوری باشد.

دقت نتایج بدست آمده از روش فناوری‌های کلیدی بسیار متاثر از نظرات افراد گروه در ارزیابی فناوری‌ها می‌باشد. از آنجا که در روش مرسوم فناوری‌های کلیدی بجای استفاده از عبارات کلامی‌از اعداد قطعی استفاده می‌شود این امرممکن است سبب شود که نمرات بدست آمده برای جذابیت و امکان‌پذیری فناوری‌ها بیش از حد آرمانی شود و در نهایت تمایز فناوری‌ها را با مشکل مواجه سازد. استفاده از گسترش عملکرد فازی در کنار مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای بهبود روش فناوری‌های کلیدی در این مقاله پیشنهاد شده است تا در نهایت با بکارگیری این رویکرد ترکیبی بتوان علاوه بر افزایش دقت نتایج، رتبه‌بندی فناوری‌ها را نیز با سهولت بیشتری انجام داد.

رویکرد ارائه شده در مقایسه با روش مرسوم فناوری‌های کلیدی دارای مزایایی می‌باشد که

www.SID.ir

Arshive of SID

مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- امکان استفاده از شاخص‌های متعددی از نوع کمی‌و کیفی در فرآیند ارزیابی و رتبه‌بندی فناوری وجود دارد
- الگوریتم پیشنهادی با درنظر گرفتن همزمان دو معیار امکان‌پذیری و جذابیت یک امتیاز کارایی از برآیند دو معیار ارائه می‌دهد که سبب می‌شود رتبه‌بندی با سهولت بیشتری صورت پذیرد و یک رتبه‌بندی کامل از تمامی‌فناوری‌ها ارائه می‌دهد
- استفاده از منطق فازی، ابهام موجود در قضاوت‌های انسانی را در فرآیند ارزیابی لحاظ می‌کند که خود موجب افزایش دقت نتایج روش پیشنهادی شده است

رویکرد پیشنهادی برای اولویت‌بندی فناوری‌های توسعه‌ای در سازمان ایمیدرو بکار رفته است و نتایج بدست آمده نشان‌دهنده بهبود نسبت به نتایج روش مرسوم می‌باشد.

منابع :

- اکبریان، مجتبی؛ نجفی،امیرعباس (۱۳۸۸). *همراستاسازی مدل تعالی کیفیت اروپایی و مدیریت استراتژیک برای رسیدن به بهبود عملکرد*. نشریه مدیریت صنعتی، دوره۱، شماره۲، تهران، ۱۹-۳۴.
- دیوید، فردآر. (۱۳۸۳). *مدیریت استراتژیک*. پارساییان، علی؛ اعرابی، سید محمد، تهران، دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
- رضایی،کامران؛ حسینی آشتیانی،حمیدرضا؛ هوشیار، محمد (۱۳۸۰). QFD *رویکردی مشتری مدار به طرح‌ریزی و بهبود کیفیت محصول*، تهران، شرکت مشارکتی ار و توف ایران.
- طباطباییان، حبیب الله (۱۳۷۹). *طراحی مدل تصمیم‌گیری در انتخاب پروژه‌های انتقال تکنولوژی رویکرد فازی نظریه امکان*، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
- طباطباییان، سید حبیب الله (۱۳۷۲). جایگاه تکنولوژی در توسعه، *مجموعه مقالات دومین سمینار علم تکنولوژی و توسعه، دانشگاه امیرکبیر*.
- علی احمدی، علیرضا؛ فتح الله،مهدی؛تاج الدین،ایرج (۱۳۸۲). *نگرشی جامع بر مدیریت استراتژیک*، تهران، انتشارات تولید دانش.
- فردانی،سعید؛حشمت نژاد،مجتبی؛ روفیگری حقیقت،علی (۱۳۸۹). *فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک در شهرداری اصفهان*. مقاله ارائه شده در پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت استراتژیک، تهران.
- کاپلان، رابرت؛ نورتون، دیوید (۱۳۸۶). *نقشه استراتژی: تبدیل دارایی‌های نامشهود به پیامدهای مشهود*،

www.SID.ir

Arshive of SID

اکبری، حسین؛ سلطانی، مسعود؛ ملکی، امیر، تهران، گروه پژوهشی صنعتی آریانا.

- گزارش توسعه جهانی (۲۰۰۵). بانک جهانی.
- مومنی، منصور (۱۳۹۲) *مباحث نوین تحقیق در عملیات*، تهران، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
- مهرگان، محمدرضا (۱۳۹۱). *ارزیابی عملکرد سازمان‌ها:رویکردی کمی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها*، تهران، نشر کتاب دانشگاهی.
- هریسون، جفری؛ جان،کارون (۱۳۸۶). *مدیریت استراتژیک*، قاسمی، بهروز، تهران، انتشارات هیات.

- Bal, Hasan; Orkcu, H.Hasan; Celebioglu, Sali (2010) .*Improving the Discrimination Power and Weights Dispersion in the Data Envelopment Analysis*, Computers & Operations Research 37:99-107.
- Bevilacquaa, M., Ciarapicab, F.E. Giacchetta, G (2006). *A fuzzy-QFD approach to supplier selection*, Journal of Purchasing & Supply Management 12, 14 – 27.
- Coldrick, S., Longhurst, P., Ivey, P., & Hannis, J (2005) *An R&D options selection model for investment decisions* Technovation, 25, 185–193.
- Dikmen, Irem; Birgonul, Talat; Kiziltas, Semiha (2004). *Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry*, Building and Environment ,40: 245–255.
- Esmaelian, Majid; Tavana, Madjid; Di Caprio, Debora; Ansari, Reza (2017). *A multiple correspondence analysis model for evaluating technology foresight methods*, Technological Forecasting & Social Change.
- Ghazinoory, Sepehr; Divsalar, Ali; Soofi, Abdol S (2009). *A new definition and framework for the development of a national technology strategy: The case of nanotechnology for Iran* Technological Forecasting & Social Change 76 835–848.
- Golany B, Roll Y.(1989) .*An application procedure for DEA,* Omega; 17(3):237–50.
- Gonzalez, Marvin; Quesada, Gioconda; Mueller, Rene; Mora-Monge, Carlo (2004). *QFD strategy house: an innovative tool for linking marketing and manufacturing strategies*, Marketing Intelligence & Planning, Vol. 22 No. 3, pp. 335-348.
- Hosseini Nasab, Hasan; Milani, Abbas (2012). *An improvement of quantitative strategic planning matrix using multiple criteria decision making and fuzzy numbers*, Applied Soft Computing 12, 2246–2253.
- Huang, C. C., Chu, P. Y., & Chiang, Y. H (2008). *A fuzzy AHP application in govern-*

www.SID.ir

Arshive of SID

ment–sponsored R&D project selection Omega, 36, 1038–1052.

- Klusacek, Karel (2004). *Technology foresight in the Czech Republic* , Int. J. Foresight and Innovation Policy, Vol. 1, Nos. 1/2.
- Khademi-Zare, Hassan; Zarei, Mahnaz; Sadeghieh, Ahmad; Saleh Owlia, Mohammad (2010). *Ranking the strategic actions of Iran mobile cellular telecommunication using two models of fuzzy QFD*, Telecommunications Policy ,34 : 747–759.
- Killen, Catherine; Walker, Mike; Hunt, Robert (2005). *Strategic planning using QFD*, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 22 No. 1, pp. 17-29.
- Kriemadis, A (1997). *Strategic planning in higher education athletic departments*, International journal of educational management, Vol.11, no.6, pp.238-247.
- Kumar, S. S (2004). *AHP–based formal system for R&D project evaluation*, Journal of Scientific & Industrial Research, Vol 63, 888–896.
- Li, Xiao-Bai; Reeves, Gary R (1999). *A Multiple Criteria Approach to Data Envelopment Analysis*, European Journal of Operational Research,115 :507 – 517.
- Lee, Hakyeon; Lee, Changyong (2008). *On the R&D priority setting in technology foresight: a DEA and ANP approach*, International Journal of Innovation and Technology Management Vol . 5, N o.2, 201–219.
- Meade, L. M., & Presley, A (2002). *R&D Project Selection Using the Analytic Network Process*, IEEE Transactions on Engineering Management, 9(1), 59–66.
- Mohaghegh Montazeri, Maral; Najjartabar-Bisheh, Mohammad (2017). *Optimizing Technology Selection for Power Smart Grid Systems: a Case Study of Iran Power Distribution Industry (IPDI)*, Technol Econ Smart Grids Sustain Energy.
- Manteghi, Nikzad; Zohrabi, Abazar (2011). *A proposed comprehensive framework for formulating strategy: a Hybrid of balanced scorecard, SWOT analysis, porter`s generic strategies and Fuzzy quality function deployment*, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 15: 2068–2073.
- Mohammad Pur, Mehdi; Alem Tabriz, Akbar (2012). *SWOT Analysis using of Modified Fuzzy QFD – A Case Study for Strategy Formulation in Petrokaran Film Factory*, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 41: 322 – 333.
- Mohanti, R. P., Agarwal, R., Choudhury, A. K., & Tiwari, M. K (2005). *A fuzzy ANP based approach to R&D project selection: a case study*. International Journal of Production Research, 43(24), 5199–5216.

www.SID.ir

Arshive of SID

- Nouri, J; Karbassi, A.R.; Mirkia, S (2008). *Environmental management of coastal regions in the Caspian Sea*, International Journal of Environmental Science and Technology 5 (1) 43–52.
- Ondrus, Jan; Bui, Tung; Pigneur, Yves (2014). *A Foresight Support System Using MCDM Methods*, Group Decis Negot, DOI 10.1007/s10726-014-9392-8.
- Pietrobelli, Carlo; Puppato, Fernanda (2015). *Technology foresight and industrial strategy*, Technological Forecasting & Social Change.
- Park, Byeongwon; Son, Seok-Ho (2010). *Korean Technology Foresight for national S&T planning*, Int. J. Foresight and Innovation Policy, Vol. 6, Nos. 1/2/3.
- Ramanathan, Ramakrishnan;Yunfeng, Jiang (2009). *Incorporating Cost and Environmental Factors in Quality Function Deployment Using Data Envelopment Analysis*, Omega, 37: 711-723.
- Schlosstein, D. and Park, B (2006). *Comparing recent technology foresight studies in Korea and China: towards foresight-minded governments*, Foresight, Vol. 8, pp.48–70.
- Salo A, Gustafsson T, Ramanathan R (2003). *Multicriteria methods for technology foresight*, J Forecast 22(2):235–255.
- Streimikiene, Dalia; Balezentis, Tomas; Krisciukaitiene, Irena; Balezentis, Alvydas (2012). *Prioritizing sustainable electricity production technologies: MCDM approach*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, 3302–3311.
- Shen Yung-Chi; Lin, Grace T.R.; Tzeng, Gwo-Hshiung (2011). *Combined DEMATEL techniques with novel MCDM for the organic light emitting diode technology selection*, Expert Systems with Applications 38, 1468–1481.
- Tegart, Greg (2003). *Technology foresight: Philosophy and principles*, Innovation Management, Policy & Practice.
- UNIDO (2005). *Technology Foresight Manual, Organization and Methods* vol. 1.
- Yang, Q-Q., Gong, Z-M., Cheng, J-Y. Wang, G (2004). *Technology foresight and critical technology selection in China*, Int. J. Foresight and Innovation Policy, Vol. 1, pp.168–180.
- Zangi Abadi, ali; Ahmadi, Dariush (2012). *Strategic planning for waste management: a case study of Shiraz waste management*, Management ScienceLetters2-1563–1570.
- Zare Mehrjerdi, Yahia (2014). *Strategic system selection with linguistic preferences*

www.SID.ir

Arshive of SID

and grey information using MCDM, Applied Soft Computing, 18: 323–337.

- Zerafat Angiz, Majid; Mustafa, Adli; Emrouznejad, Ali (2010). *Ranking efficient decision making units in data envelopment analysis using fuzzy concept*, Computers & Industrial Engineering 59, 712–719.
- Zolfani, S; Maknoon, R; Salimi, J; Kildiene, Simona (2015). *Technology Foresight about R&D Projects Selection: application of SWARA method at the policy making level* Engineering Economics.

www.SID.ir