فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی – سال هجدهم، شماره ۵۶، بهار ۹۹
صفحات ۲۴۳-۲۰۹
DOI: 10.22054/jims.2019.36668.2182

انتخاب همزمان تکنولوژی و روش انتقال آن از ارجح‌ترین تامین‌کننده با استفاده از روش تصمیم‌گیری ترکیبی بهترین-بدترین و تحلیل شبکه‌ای خاکستری

علی بنیادی نایینی،* سیروس امیرقدسی، احمد ماکویی*****

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۲۸

چکیده

یکی از تصمیمات مهم در زنجیره تامین انتخاب تامین‌کننده است که بر بخش‌ها و اهداف مختلف یک زنجیره اثرات مهمی برجای می‌گذارد. ازآنجاکه در حوزه انتخاب تامین‌کننده سه شاخص: انتخاب محصول/تکنولوژی، انتخاب روش انتقال محصول/ تکنولوژی و انتخاب تامین‌کننده محصول/تکنولوژی، قابل بحث و بررسی می‌باشند؛ در این مقاله، عوامل تاثیرگذار بر این سه شاخص شناسایی و اهمیت معیارها با استفاده از روش دیمتل خاکستری و روش بهترین-بدترین[1] تعیین خواهد شد. سپس اولویت گزینه‌ها با استفاده از روش تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای خاکستری که از قوی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری است مشخص خواهد شد. در این مقاله تلاش شده است تا برتری روش بهترین-بدترین برای تعیین اهمیت معیارها نسبت به روش‌های پیشین در این گروه نشان داده شود. میزان سازگاری به دست آمده برای روش بهترین-بدترین تایید کننده این ادعا است. به منظور بررسی روش پیشنهادی، یک نمونه مطالعاتی با وجود ۵ تامین‌کننده نهایی، ۳ تکنولوژی و ۵ روش انتقال تکنولوژی اجرایی گردید که به انتخاب بهترین تامین‌کننده‌ای که دارای تکنولوژی برتر بوده و با روش انتقال بهینه قادر به انتقال تکنولوژی است، ختم شد.

واژگان کلیدی: *انتخاب تامین‌کننده، انتخاب تکنولوژی، انتقال تکنولوژی، روش بهترین-بدترین، فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری.*

---

* استادیار، دکترای تخصصی مدیریت بازرگانی، دانشکده مهندسی پیشرفت، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، (نویسنده مسئول)، bonyadi@iust.ac.ir

** دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشکده پیشرفت، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*** دانشیار دکتری مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

1 . Best Worst Method (BWM)

مقدمه

دانش و انتقال فناوری از عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی و بهره‌وری منابع تولید است (زاک[1]، ۱۹۹۹). تغییر و تحولات تکنولوژیکی امروزه سرعت زیادی به خود گرفته است که لزوم درک عمیقِ تغییراتِ عرصه تکنولوژی را بیشتر نمایان می‌سازد (طباطبائیان و نوده، ۱۳۸۳). با پیشرفت زمان، تکنولوژی‌های نو برای انجام کارهای مختلف، روش‌های مفیدتر با کارایی و اثربخشی بالاتر را ارائه می‌دهند و ابعاد جدیدی در فعالیت‌های سازمان‌ها ایجاد می‌کنند. از این راه فرصتی برای افزایش بهره‌وری، افزایش کیفیت کالاها و خدمات، کاهش زمان ارائه و ارسال محصولات جدید به بازار و پاسخگویی مناسب به نیازهای افراد فراهم می‌شود (موتوهاشی[2]، ۲۰۱۰).

در کشورهای درحال توسعه، به دلایل مختلف، اساسِ تامینِ تکنولوژیِ موجود بر واردکردن آن از سایر کشورهای توسعه‌یافته با هدف افزایش بهره‌وری اقتصادی، گسترش علم و پتانسیل استفاده از تکنولوژی است (گارسیا وگا و هرگو[3]، ۲۰۱۷). البته نمی‌توان گفت که کشورهای توسعه‌یافته با در دست داشتن همه تکنولوژی‌های لازم، از ورود آن به کشور خود کاملا بی‌نیاز هستند، هرچند طبیعتاً کشورهای درحال‌توسعه بیش از کشورهای صنعتی از منابع تکنولوژی و دانش فنی کشورهای توسعه‌یافته بهره می‌برند. این فاصله در مالکیت تکنولوژی در دو گروهِ کشورهای ذکر شده، انتقال تکنولوژی را امری ضروری نشان می‌دهد (دانکوآ[4]، ۲۰۱۷).

در این میان صنعت نفت کشور ایران نیز به عنوان یک کشور در حال توسعه از این امر مستثنی نبوده و با وجود آنکه بیش از یک قرن از اکتشاف نفت در ایران می‌گذرد، اما به اذعان اغلب صاحب نظران، ایران هنوز نتوانسته است خود را به جمع توسعه دهندگان این تکنولوژی ملحق کند (باقری و صدرائی، ۱۳۸۹). متاسفانه هنوز توانمندی‌های عمده ایران در سطح بهره برداری از منابع نفتی است و در زمینه‌های طراحی و مهندسی فقر تکنولوژی بومی به خوبی قابل

1 . Zack
2 . Motohashi
3 . García-Vega & Huergo
4 . Danquah

مشاهده است (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۶). کشورهای دیگری پیشتاز تکنولوژی این حوزه به حساب می‌آیند و برخی دیگر از کشورها تقریبا با ایران در یک سطح قرار دارند. برای مثال نروژ و برزیل را می‌توان در مقایسه با ایران پیشرو دانست (هیوم[1]، ۲۰۰۸) در حالیکه کشورهایی همچون عربستان و نیجریه را می‌توان تا حدودی هم‌سطح ایران دانست (دانتاس و بل[2]، ۲۰۱۱). در این خصوص عدم رعایت ملاحظات ضروری در فرایند انتقال تکنولوژی در مراحل مختلف اعم از انتخاب، اکتساب، تطبیق، نهادینه‌سازی و توسعه، صنعت نفت ایران را در حد وارد کننده تکنولوژی‌های خارجی نگاه داشته است. باید دانست که علاوه بر انتخاب تکنولوژی مناسب، انتخاب روش مناسب انتقال می‌تواند موفقیت فرایند انتقال، جذب و بومی شدن تکنولوژی انتقال یافته را با موفقیت همراه سازد (موهر[3]، ۱۹۹۹).

راه‌های مختلفی برای انتخاب و انتقال تکنولوژی وجود دارد. اما واقعیت آن است که نمی‌توان از بهترین و یگانه ترین راه انتقال تکنولوژی صحبت کرد. با این وجود با هدف کسب مزیت رقابتی و افزایش یا حفظ سهم بازار، ارزیابی تکنولوژی و روش‌های انتقال آن، فرایندی ضروری و اجتناب ناپذیر برای هر بنگاه اقتصادی است و این ارزیابی باید در فواصل معین زمانی پیاده سازی شود. پژوهش‌های مختلفی در ایران و جهان بر روی فرایند انتقال تکنولوژی انجام شده است. برای مثال کلینتنبرگ[4] و همکارانش در سال ۲۰۱۴ میلادی بر روی عوامل موفقیت انتقال تکنولوژی از کشورهای توسعه یافته به کشورهای در حال توسعه کار کردند و این عوامل را در قالب نتایج پژوهش خود به صورت زیر ارائه نمودند:

- ظرفیت کارکنان محلی در نگهداری سیستم‌ها.
- درگیر شدن مصرف کنندگان نهایی از ابتدای فرایند: این عامل آن‌ها را نسبت به تامین خواسته‌هایشان مطمئن نموده و درک عملکرد و محدودیت‌های سیستم را برای آنان فراهم می‌کند.

1 . Heum
2 . Dantas & Bell
3 . Mohr
4 . Klintenberg

- بناگذاری محیطی که در آن مصرف کننده نهایی توانایی و میل پرداخت هزینه برای خدمات ارائه شده را داشته باشد.
- مشخص نمودن چهارچوب عایدات ناشی از خدمات.

بر اساس توضیحات ارائه شده، برای تصمیم‌گیری در مورد نحوه انتخاب و انتقال تکنولوژی و همچنین شاخص‌های تاثیرگذار بر این دو مرحله مهم از فرایند انتقال تکنولوژی؛ مقالات، نظرات و روش‌های مختلفی وجود دارد. وجه مشترک تمامی این روش‌ها برخورد کلی و کیفی با مسئله بوده و جایگاه یک روش منطقی که امکان تحلیل سیستماتیک و قدم به قدم را برای رسیدن به جواب مناسب فراهم نماید، در این میان خالی است. حتی روش‌های جدید در این زمینه نیز هنوز با هدف حل سیستماتیک و قدم به قدم این مسئله تصمیم (تصمیم گیری در مورد انتخاب تکنولوژی مناسب و پس از آن انتخاب بین روش‌های مختلف انتقال تکنولوژی) و آن هم در شرایط عدم قطعیت، فاصله دارند. علاوه بر آن روش‌های موجود معمولا تنها یکی از مراحل فرایند انتقال تکنولوژی را مورد بررسی قرار می‌دهند. در تحقیق حاضر سعی شده است ابتدا به صورت هم‌زمان به بررسی، توسعه، تعریف و رتبه‌بندی معیارهای ارزیابی تکنولوژی و همچنین معیارهای ارزیابی روش‌های انتقال تکنولوژی پرداخته و سپس با استفاده از روش‌های تلفیقی تصمیم‌گیری به حل مسئله چگونگی انتخاب تکنولوژی و روش انتقال آن پرداخته شود به گونه‌ای که با یک روش سیستماتیک و قابل فهم برای مدیران ارشد و مسئولین ذیربط، این روش حتی در شرایط عدم قطعیت نیز پاسخگوی نیازهای صنایع و سازمان‌های گوناگون منجمله صنعت نفت کشور ایران باشد. روش پیشنهادیِ تحقیقِ حاضر علاوه بر نو بودن از اعداد خاکستری برای کنترل عدم قطعیت استفاده می‌نماید که نمونه این ترکیب در مطالعات گذشته مشاهده نشده است. در این راستا روش بهترین–بدترین و دیمتل خاکستری برای تعیین میزان اهمیت معیارها و روش فرایند تحلیل شبکه‌ای خاکستری برای تعیین اولویت گزینه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند.

ساختار این مقاله به این صورت است که در بخش ۲ به بررسی ادبیات تحقیق و در بخش ۳ به بررسی مسئله تحقیق پرداخته شده است. در ادامه و در بخش ۴ روش‌های بهترین–بدترین،

فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری به همراه دیمتل خاکستری مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سپس در بخش ۵ به حل یک نمونه مطالعاتی و تحلیل داده‌ها مبادرت ورزیده خواهد شد تا در بخش ۶ به نتیجه‌گیری از تحقیق منجر شود.

مرور ادبیات

تحقیقات بسیاری در مورد روش‌های مناسب برای انتخاب تکنولوژی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به روش تحلیل شبکه‌ای اشاره کرد که لی[۱] و همکاران (۲۰۱۰) آن را برای انتخاب مناسب‌ترین تامین‌کننده در صنعت ترانزیستور و شن[۲] و همکاران (۲۰۱۱) برای انتخاب تکنولوژی دیودهای منتشرکننده نور ساختمانی، الفت و صدیقی گاریز (۱۳۹۳) برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر تسهیم اطلاعات در زنجیره تامین فراورده‌های نفتی و عبدالله و رحمان[۳] (۲۰۱۷) برای انتخاب تکنولوژی تصفیه فاضلاب در کشور مالزی؛ به‌کار برده‌اند. تاپسیس نیز یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای انتخاب بهترین تامین‌کننده در تجهیزات پزشکی توسط تانسل[۴] (۲۰۱۲)، برای انتخاب تکنولوژی بهینه توسط تقوی‌فرد[۵] و همکاران (۲۰۱۱) و برای انتخاب تکنولوژی در حوزه سلامت توسط شاراوات و دوبی[۶] (۲۰۱۸)؛ به‌کاررفته است. همچنین کاریناتیلیک[۷] و همکارانش (۲۰۱۹) از روش تاپسیس فازی به منظور رتبه‌بندی تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر در شرایط عدم قطعیت بهره جسته‌اند.

یکی از ساده‌ترین و سازگارترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش تحلیل سلسله مراتبی[۸] است که برای تعیین عوامل تأثیرگذار بر فرایند انتقال تکنولوژی توسط کومار[۹] و

1 . Lee
2 . Shen
3 . Abdullah & Rahman
4 . Tansel
5 . Taghavifard
6 . Sharawat & Dubey
7 . Karunathilake
5 . Analytic Hierarchy Process (AHP)
9 . Kumar

همکاران (۲۰۱۵)، برای رتبه بندی تکنولوژی‌های رادیویی موجود تلفن همراه توسط‌هابال[1] و همکاران (۲۰۱۹)، برای ارزیابی تکنولوژی‌های تولید انرژی از زیست توده توسط خیبری[2] و همکاران (۲۰۱۹) و برای انتخاب تکنولوژی مناسب برای تصفیه خانه فاضلاب توسط ایلانگ هو[3] و همکاران (۲۰۱۶) با اضافه کردن اعداد فازی و تکنیک رتبه‌بندی ترجیحی؛ به‌کار رفته است. در تحقیقی دیگر دشموک و سوناپوار[4] (۲۰۱۹) در مطالعه خود از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به منظور رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز در صنایع کشور هند استفاده نموده‌اند. در جایی دیگر ساهین و ییپ[5] (۲۰۱۷) ساختار سلسله‌مراتبی را برای انتقال تکنولوژی در صنعت حمل‌ونقل و رحیمی[6] و همکاران (۲۰۱۷) به‌منظور رتبه‌بندی تکنولوژی‌های مطرح و انتخاب محل مناسب جهت ایجاد بیمارستان؛ به‌کار برده‌اند. در سال بعد مختارزاده[7] و همکاران (۲۰۱۸) به منظور رتبه‌بندی معیارهایی برای انتخاب تکنولوژی در صنایع تکنولوژی اطلاعات از روش ساختار سلسله‌مراتبی بهره جسته‌اند. فرشیدی[8] و همکاران (۲۰۱۸) نیز در تحقیق خود برای انتخاب تکنولوژی نرم‌افزار از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرده‌اند. در تحقیقی دیگر تیان[9] و همکارانش(۲۰۱۸) از ترکیب دو روش تاپسیس و تحلیل سلسله‌مراتبی داده‌ها به منظور انتخاب تکنولوژی مناسب برای پاکسازی سموم آفت کش دارای کلر آلی استفاده نموده‌اند. روش دیگر به کار رفته در این حوزه تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها است که گوکر و کارساک[10] (۲۰۱۶) و مردانی[11] و همکاران (۲۰۱۷) از آن برای بررسی کارایی انرژی استفاده نمودند.

1 . Habbal
2 . Kheybari
3 . Hu
4 . Deshmukh & Sunnapwar
5 . Sahin & yip
6 . Rahimi
7 . Mokhtarzadeh
8 . Farshidi
9 . Tian
10 . Goker & Karsak
11 . Mardani

نایبی و همکاران(۱۳۹۲) در پژوهشی به ارائهٔ یک روش تصمیم گیری چندمعیاره برای انتخاب فروشنده سیستم‌های مخابراتی پرداخته‌اند. تصمیم گیری در مورد سیستم‌های مخابراتی (سانترال) به لحاظ نقش ارتباطی که در سازمان‌ها ایفا می‌نمایند از اهمیت زیادی برخوردار بوده و با توجه به وجود معیارهای متعدد در انتخاب فروشنده سیستم‌های مخابراتی، با یک مسئلهٔ‌چندمعیاره روبرو می‌باشیم. با توجه به اینکه تصمیمات عموماً بر اساس قضاوت‌های ذهنی مدیران صورت می‌گیرد، به منظور بهبود تصمیم گیری از منطق فازی استفاده شده است. بدین منظور محققان شاخص‌های مورد نظر را از طریق بررسی ادبیات موجود و نظر خبرگان استخراج کرده و بر مبنای آن یک روش تاپسیس فازی با اوزان ترکیبی توسعه دادند. وزن ترکیبی، حاصل از ترکیب روش‌های متعددی شامل: قضاوت ذهنی مدیران، متوسط آماری فازی، وزن تعدیلی و وزن‌یابی فازی است. نویسندگان در این روش تمامی اعداد را فازی و از نوع مثلثی در نظر گرفته‌اند. همچنین برای آزمون امکان پذیریِ روش پیشنهاد شده در انتخاب یک فروشنده سیستم‌های مخابراتی، یک مطالعه موردی واقعی در دانشگاه آزاد اسلامی قزوین صورت پذیرفت. در مطالعه‌ایی دیگر، رضوی حاجی‌آقا و همکاران (۱۳۹۲) ابزاری برای توسعه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به منظور امکان بهره‌گیری از چندین معیار سنجش در مسائل تصمیم گیری ارائه نمودند. اصولاً مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه با انتخاب بهترین گزینه از میان تعدادی گزینه موجود و برحسب تعدادی شاخص، روبرو می‌باشند. یکی از مسائل اساسی در این خصوص، تعیین اوزان، آنتروپی اهمیت شاخص‌های تصمیم‌گیری است. در این پژوهش، مدلی غیرخطی به منظور برآورد اوزان ایده آل براساس منطق روش تاپسیس پیشنهاد شده است. از مزایای این روش می‌توان به سادگی و کاهش میزان اطلاعات مورد نیاز دریافتی از تصمیم‌گیرنده در فرایند ارزیابی و امکان لحاظ‌نمودن نظرات او درخصوص ترجیح شاخص‌ها بر یکدیگر اشاره نمود. در تحقیقی دیگر سلامی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی انتخاب سرمایه‌گذار خارجی برای تامین منابع مالی و روش‌های انتقال تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه پرداختند. در این تحقیق محققین به انتخاب روش مناسب سرمایه‌گذاری خارجی در صنایع پالایش نفت کشور بر اساس نظر خبرگان

پرداختند. این تحقیق بر مبنای روش پژوهش توصیفی-پیمایشی طراحی شده است. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده نیز از آزمون‌های آماری و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از قبیل تکنیک آنتروپی و تاپسیس استفاده گردیده است. نتایج تحقیق گویای آن است که از میان روش‌های مختلف سرمایه‌گذاری خارجی در طرح‌های احداث و توسعه پالایشگاه‌های نفتی کشور، روش سرمایه‌گذاریِ ساخت، بهره برداری و انتقال نسبت به سایر روش‌ها در بالاترین اولویت قرارگرفته و به عنوان مناسب‌ترین روش سرمایه‌گذاری در این صنعت انتخاب می‌گردد.

از طرف‌دیگر برای مسئله انتخاب تکنولوژی/دارنده/روش انتقال، معیارهای مختلفی ارائه شده است. از جمله معیارهای مؤثر بر انتقال تکنولوژی میزان پیچیدگی، قابلیت بومی‌سازی تکنولوژی، فاصله سازمانی، تمایل به یادگیری، اعتماد دوجانبه و فرهنگ یادگیری عنوان شده است (مزده[1] و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین معیارهای سازگاری با محیط‌زیست، هزینه خرید و به‌کارگیری، کارایی و قابلیت اعتماد تکنولوژیکی، پذیرش عمومی و نیروی متخصص موردنیاز نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند (خراط[2] و همکارن، ۲۰۱۶؛ سرای[3] و همکاران، ۲۰۱۷). منتظری و نجارتبار بیشه[4] (۲۰۱۷) در مقاله خود به معیارهای ارزش افزوده ناشی از تکنولوژی، بومی‌سازی تکنولوژی و ریسک جایگزینی تکنولوژی موجود با تکنولوژی‌های جدید اشاره کرده‌اند. عبدالله و رحمان (۲۰۱۷) نیز سه معیار عمومی: تکنولوژیکی، اقتصادی و محیط‌زیستی را در رتبه‌بندی تکنولوژی‌های مطرح برای انتقال، مؤثر دانسته‌اند. لو[5] و همکاران (۲۰۱۶) از چهار معیار اصلی: زیست‌محیطی، اقتصادی، تکنولوژیکی و اجتماعی به‌منظور رتبه‌بندی تکنولوژی‌های مطرح دسترسی رادیویی در شبکه‌های بی‌سیم استفاده نمودند.

1 . Mazdeh
2 . Kharat
3 . Serrai
4 . Montazeri & Najjartabar-Bisheh
5 . Lu

ارزیابی تحقیقات پیشین، نشان می‌دهد که بسیاری از معیارهای ارزیابی به صورت مشترک برای ارزیابی تکنولوژی/ دارنده مناسب و همچنین ارزیابی روش‌های گوناگون انتقال تکنولوژی مورداستفاده قرارگرفته‌اند. این مهم خود بیانگر ارتباط نزدیک بین مراحل فرایند انتقال تکنولوژی است. از سوی دیگر روش‌های موجود هیچکدام به صورت هم‌زمان به سه مقوله انتخاب تکنولوژی/ دارنده مناسب و نیز روش انتقال آن، نپرداخته و تنها به بررسی یکی از این مراحل اکتفا کرده‌اند. همچنین بررسی ادبیات موضوع نشان‌می‌دهد که در تحقیقات پیشین به جنبه عدم قطعیت و بخصوص اعداد خاکستری که امری ناگزیر در فرایند انتخاب و انتقال تکنولوژی می‌باشد، کم‌تر توجه شده است.

بی‌شک مهم‌ترین رکن در هر اولویت‌بندی استفاده از معیارهای صحیح برای رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد، از این رو در تحقیق حاضر ابتدا با روش‌های توضیح داده شده در قسمت بیان مسئله به بررسی و تعیین معیارهای انتخاب تکنولوژی، تامین‌کننده و همچنین معیارهای انتخاب روش‌های انتقال تکنولوژی پرداخته و سپس با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندگانه به اولویت‌بندی گزینه‌ها پرداخته می‌شود. همچنین این روش با لحاظ کردن عدم قطعیت موجود در دنیای واقعی با حضور اعداد خاکستری به جای اعداد قطعی ابزار مناسبی برای تصمیم‌گیران ایجاد خواهد نمود.

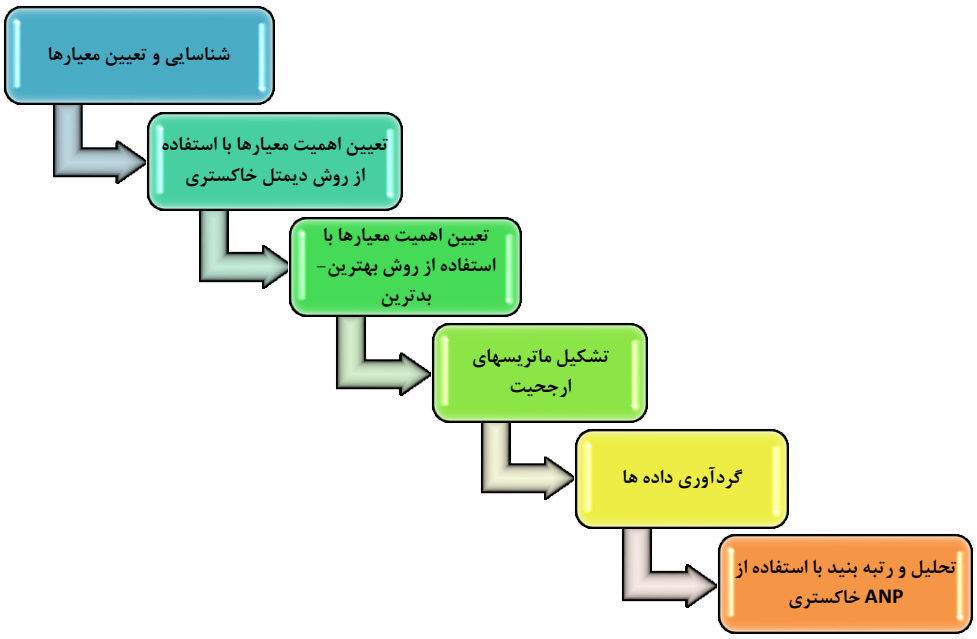
بیان مسئله

با توجه به تعارضات گسترده موجود میان منافع انتقال‌دهنده و انتقال‌گیرنده تکنولوژی و با دقت در پروژه‌های انتقال تکنولوژی بخصوص صنعت نفت کشور؛ موارد بسیاری وجود دارند که عدم توجه به این تعارضات که بیشتر منتج از روش مورد نظر انتقال تکنولوژی از سوی گیرنده و به منظور بومی‌سازی و تسلط بر تکنولوژی می‌باشد؛ باعث شکست فرایند انتقال تکنولوژی و یا حداقل صرف زمان و هزینه بیشتر گردیده است. البته در این خصوص توجه به از دست رفتن فرصت برای گیرنده تکنولوژی با توجه به چرخه عمر تکنولوژی نیز بسیار حائز اهمیت بوده و گاها هزینه فرصت از دست رفته غیر قابل جبران خواهد بود. در این راستا عدم

توجه به روش بهینه مورد نظر در انتقال تکنولوژی باعث تکرار روند انتخاب تکنولوژی/دارنده گردیده و منجر به از دست رفتن زمان و صرف هزینه بیشتر خواهد شد و لذا نیاز به همزمانی بررسی انتخاب تکنولوژی/ دارنده و روش انتقال تکنولوژی و ارائه یک روش مشترک در این زمینه غیر قابل انکار می‌باشد.

در این راستا در پژوهش حاضر با بررسی مقالات و کتب و همچنین مشورت با خبرگان مجموعه کاملی از معیارهای تاثیرگذار جمع‌آوری و یا ایجاد شد. در مجموع ۱۴۶ معیار اولیه برای ارزیابی تکنولوژی و روش‌های انتقال تکنولوژی از طریق مطالعات کتابخانه ای و مصاحبه باز با خبرگان استخراج شد که ۳۰ معیار مشترک در انتخاب تکنولوژی و روش‌های انتقال تکنولوژی وجود داشته است که این مهم خود بر ارتباط تنگاتنگ این دو مرحله مهم از فرایند انتقال تکنولوژی تاکید دارد. برای ارزیابی دارنده تکنولوژی نیز ۱۶ معیار ارزیابی استخراج شده است. در خصوص معیارهای نهایی برای "انتخاب تکنولوژی"، "انتخاب دارنده" و "انتخاب روش انتقال تکنولوژی" پس از تشکیل گروه کانونی و غربال‌گریِ اولیه شاخص‌های بدست آمده از مطالعات پیشین و مصاحبه‌های باز با خبرگان، به منظور شناسایی شاخص‌های نهایی تحقیق بر اساس روش دلفی پرسش‌نامه باز طراحی و در بین خبرگان شرکت کننده در پنل دلفی توزیع گردید. لازم به ذکر است که پس از غربال‌گریِ اولیه در گروه کانونی، ۵۲ شاخص برای ارزیابی تکنولوژی، ۷۱ معیار برای روش‌های انتقال تکنولوژی و ۱۴ معیار برای انتخاب دارنده تکنولوژی به مرحله بعد یعنی پنل دلفی وارد گردیدند. در مجموع ۱۵ پرسش‌نامه توزیع و برگشت داده شدند و اطلاعات حاصل از آنها در محیط نرم افزاری SPSS مورد تحلیل قرار گرفتند. پس از ۳ نوبت رفت و برگشت پرسشنامه‌ها در پنل دلفی، برای انتخاب تکنولوژی شش معیار: " نوع تکنولوژی، زیرساختی، آینده نگری، قوانین، ریسک و سازمان گیرنده "؛ برای انتخاب روش انتقال تکنولوژی ۴ معیار: " محیطی، مسائل داخلی سازمان، زیرساخت‌ها و تضمین موفقیت " و همچنین برای انتخاب دارنده تکنولوژی تنها پس از یک نوبت رفت و برگشت پرسش نامه در پنل دلفی و تحلیل در نرم افزار SPSS ، پنج معیار: " سازمان گیرنده، قوانین و مقررات، ریسک، آینده‌نگری و شرایط

محصول "، نهایی گردیدند. در روش پیشنهادی این مقاله از روش تصمیم گیری بهترین-بدترین و دیمتل خاکستری برای تعیین اهمیت معیارهای شناسایی شده و تکنیک تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری برای اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود. معیارهای نهایی شناسایی شده، به مرحله بعد که تعیین میزان اثرگذاری آنها و بررسی وزن گزینه‌هاست وارد می‌شوند. نمودار مراحل انجام این تحقیق به صورت شکل ۱ است.



شکل ۱. نمودار مراحل انجام کار

در این پژوهش ۱۵ خبره شرکت کننده در این تحقیق از میان مدیران و متخصصین تامین و خرید کالای حفاری شرکت ملی نفت ایران و با روش گوله برفی انتخاب گردیده اند که با همگی آنها مصاحبه باز صورت پذیرفته و همگی در گروه کانونی و پنل دلفی شرکت داشته

و در پرکردن ماتریس‌های تصمیم از آنها استفاده شده است. مشخصات جمعیت شناختی جامعه آماری خبرگان شرکت کننده در این تحقیق در جدول ۱ به نمایش گذاشته شده است.

جدول ۱. مشخصات جمعیت شناختی خبرگان شرکت کننده در تحقیق

سن (سال)				**سابقه کار در صنعت نفت (سال)**		**تحصیلات**			**جنسیت**	
بالای ۶۱	۵۰ تا ۶۰	۴۰ تا ۵۰	۳۰ تا ۴۰	بالای ۲۱	۱۰-۲۰	دکتری	فوق لیسانس	لیسانس	زن	مرد
۳	۶	۴	۲	۱۱	۴	۳	۷	۵	۰	۱۵
٪۲۰	٪۴۰	٪۲۶,۷	٪۱۳,۳	٪۷۳,۳	٪۲۶,۷	٪۲۰	٪۴۶,۶	٪۳۳,۳	٪۰	**٪۱۰۰**

متدولوژی

در این مقاله همانگونه که توضیح داده شد برای جمع آوری اطلاعات مورد نیاز از پرسشنامه باز استفاده شد. در این راستا و به منظور تشخیص مهمترین معیارهای ارزیابی تکنولوژی مناسب، مناسب‌ترین دارندگان تکنولوژی و همچنین مناسب‌ترین روش‌های انتقال تکنولوژی، پس از غربالگری اولیه معیارها در گروه کانونی، بر اساس روش دلفی پرسشنامه‌های متناسب طراحی و بین خبرگان توزیع گردید. پایایی پرسشنامه‌ها نیز به دو شیوه همسانی درونی و دو نیمه‌سازی محاسبه گردید. بر اساس مراحل کار در شکل۱، معیارهای نهایی‌شده با استفاده از روش دیمتل خاکستری تعیین اهمیت شده و همین هدف با روش بهترین-بدترین نیز تکرار شده است. فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری نیز برای تعیین اولویت گزینه‌ها به‌کار رفته است. برای روشن شدن مسیر، علاوه بر توضیح روش‌های به‌کار رفته در ادامه، روش پیشنهادی برای خرید سه نوع مته حفاری در صنعت نفت اجراشده است. این مته‌ها در اختیار ۵ شرکت تامین‌کننده می‌باشند و با روش‌های مختلف انتقال تکنولوژی قابل انتقال به سازمان

گیرنده می‌باشند. در ادامه به توضیح روش‌های بهترین-بدترین، دیمتل خاکستری و فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری پرداخته می‌شود.

روش بهترین-بدترین

روش بهترین-بدترین، جدیدترین روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که نسبت به دیگر روش‌های تصمیم گیری چند معیاره[1] ، مقایسه کمتر و قابلیت اطمینان بالاتری دارد (رضایی[2]، ۲۰۱۵). به‌عنوان مثال روش بهترین-بدترین به $2n-3$ مقایسه نیاز دارد ولی روش تحلیل سلسله مراتبی که پرکاربردترین روش تصمیم گیری چند معیاره است، به $\frac{n(n-1)}{2}$ مقایسه نیاز دارد (پاموکار و همکاران[3]، ۲۰۱۸). گام‌های زیر برای این روش قابل اجرا است (رضایی و همکاران، ۲۰۱۶):

۱. بررسی و تعیین عوامل تاثیرگذار بر تصمیم
۲. انتخاب بهترین (مهمترین) معیار و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) معیار
۳. تعیین ارجحیت بهترین معیار نسبت به دیگر معیارها با عددی بین ۱ تا ۹ به صورت بردار ۱:

$$AB = \left(a_{B1}, a_{B2}, ..., a_{Bn}\right) \quad (۱)$$

در این بردار a_{Bj} نشان‌دهنده میزان ارجحیت بهترین معیار **B** بر معیارهای **j** است.

۴. تکرار مرحله قبل برای بدترین معیار و تعیین ارجحیت سایر معیارها نسبت به بدترین معیار **W**:

$$AW = \left(a_{1w}, a_{2w}, ..., a_{nw}\right)^T \quad (۲)$$

1 . Multi-Criteria Decision Making
2 . Rezaei
3 . Pamučar, Petrović, & Ćirović

در بردار ۲، a_{jw} بیان‌کننده میزان ارجحیت معیار **j** نسبت به بدترین معیار **W** است.

۵. تشکیل بردار وزن بهینه به شکل بردار $\left(w_1^*, w_2^*, ..., w_n^*\right)$ به طوری‌که:

$$\min max_j \left\{ \left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right| , \left| \frac{W_j}{W_W} - a_{jw} \right| \right\} \quad (۳)$$

$s.t.$

$$\sum_j W_j = 1 \quad (۴)$$
$$W_j \geq 0$$

مدل Min-Max در رابطه ۳ را می‌توان به صورت رابطه ۵ نوشت:

$$\min \quad \xi$$
$$\left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi \quad For \quad all \quad j \quad (۵)$$
$$\left| \frac{W_j}{W_w} - a_{jw} \right| \leq \xi \quad For \quad all \quad j$$

$$\sum W_j = 1 \quad (۶)$$
$$W_j \geq 0, \quad For \quad all \quad j$$

روش دیمتل خاکستری[1]

در دیمتل خاکستری از اعداد خاکستری استفاده می‌شود. گام‌های این روش به صورت زیر است (لی و ماتیاژاگان[2]، ۲۰۱۸؛ جعفرنژاد و همکاران، ۱۳۹۰؛ آذر و همکاران، ۱۳۹۶؛ اکبریان و نجفی، ۱۳۹۳):

1 . Grey Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Model
2 . Li, & Mathiyazhagan

- گام اول: تعیین معیارهای تاثیرگذار و قرار دادن آنها در رئوس یک دیاگراف.
- گام دوم: تعیین روابط حاکم بین عوامل با مقایسه زوجی آنها؛ در این مرحله یک ماتریس مقایسه زوجی به شکل زیر و با نظر خبرگان تشکیل می‌شود.

$$Z = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ C_m \end{array} \begin{bmatrix} \\ R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ R_{m1} & R_{m2} & \dots & R_{mn} \end{bmatrix}$$

که در این ماتریس a_{ij} درجه نفوذ معیار c_i بر c_j را نشان می‌دهد.

- گام سوم: ماتریس‌های حاصل از گام قبل را بررسی کرده و وجود یا عدم وجود رابطه نهایی بین دو عامل را توسط رای اکثریت کارشناسان مشخص کرده و ماتریس ارتباط مستقیم (میانگین) M تشکیل می‌شود.
- گام چهارم: نرمال سازی ماتریس M؛ جمع سطری درایه‌های ماتریس M محاسبه شده و معکوس بیشترین آن در درایه‌های ماتریس M ضرب می‌شوند. با این کار شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم تعیین می‌شود.

$$\mathrm{N} = \alpha \times \mathrm{M} \qquad \alpha = \frac{1}{Max\sum_{j=1}^{n} a_{ij}} \tag{۷}$$

- گام پنجم: محاسبه ماتریس روابط کل؛ در این گام ماتریس شرط نسبی موجود از روابط مستقیم و غیرمستقیم (S) با توجه به فرمول زیر تشکیل می‌شود:

$$S = N + N^2 + N^3 + \ldots + N^t = \frac{N(I - N^t)}{I - N} = \frac{N}{I - N} = N(I - N)^{-1} \quad (۸)$$

$$\lim_{t \to \infty} N^t = 0$$

شدت ممکن از روابط غیرمستقیم (از عناصر موجود بر یکدیگر) از طریق مجموع تصاعد هندسی زیر با استدلالی مشابه قابل، محاسبه می‌باشد.

$$T_{t \to \infty} = N^2 + N^3 + \ldots + N^t = N^2 (I - N)^{-1} \quad (۹)$$

- گام ششتم: مشخص نمودن سلسله مراتب یا ساختار ممکن معیارها. ؛ در این گام با مرتب‌کردن عوامل بر اساس مقادیر R و J و $R + J$ و $R - J$ حاصله از ماتریس S می‌توان یک ساختار و رتبه‌بندی ممکن از عوامل به دست آورد.
- R: جمع سطری درایه‌ها، برای هر عامل معرف میزان تاثیرگذاری آن بر سایر عناصر سیستم مورد بررسی است.
- J: جمع ستونی درایه‌ها، برای هر عامل معرف شدت تاثیر پذیری عامل مذکور از سایر عناصر سیستم مورد بررسی است.
- $R + J$: بردار برتری، که بردار افقی بوده و میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار R+J عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عناصر سیستم دارد، لذا وزن (اهمیت) عامل در سیستم بیشتر است.
- $R - J$: بردار ارتباط، که بردار عمودی بوده و مقدار نهایی تاثیرگذاری هر عامل بر مجموعه عناصر دیگر سیستم را نشان می‌دهد.

فرایند تحلیل شبکه‌ای خاکستری[1] (GANP)

اعداد خاکستری مشابه اعداد فازی هستند اما با این تفاوت اساسی که در اعداد خاکستری مقدار دقیق عدد نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن عدد را در برمی‌گیرد معلوم است (لین و وی[2]، ۲۰۱۸)؛ در حالی که در یک عدد فازی ضمن این‌که عدد به صورت یک بازه تعریف می‌شود، اما مقدار دقیق بال چپ و راست عدد معلوم نیست و از یک تابع عضویت تبعیت می‌کند (سلامی و همکاران، ۱۳۹۰).

برای به‌دست آوردن وزن مؤلفه‌ها، مراحل محاسبه وزن با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای عبارت است از (شاه‌قلیان، علیزاده سیاهکل، ۱۳۹۵):

–مرحله اول: جهت تجمیع نظرات خبرگان، از مقایسات زوجی پاسخ‌دهندگان میانگین هندسی گرفته می‌شود.

–مرحله دوم: محاسبه بردار ویژه؛ برای محاسبه بردار ویژه هر یک از جداول مقایسات زوجی تجمیع شده، طبق رابطه ۷ از روش لگاریتمی حداقل مجذورات، استفاده می‌شود.

$$w_k^s = \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^s\right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^m\right)^{1/n}}, \quad s \in \{l,m,u\} \qquad (۱۰)$$

$$\widetilde{w}_k = (w_k^l, w_k^m, w_k^u) \quad k = 1,2,3,...,n$$

- مرحله سوم: تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه (W_{ij})؛ این ماتریس‌ها شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که از مقایساتِ زوجیِ مرحله دوم به‌دست آمده‌اند.
- مرحله چهارم: محاسبه اوزان نهایی سطوح؛ برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح (W_i^*) می‌بایست حاصل‌ضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب شود.

1 . Grey Analytic Network Process
2 . Lin, & Wei

$$W_i^* = W_{ii} \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^* \quad (۱۱)$$

در صورتیکه برای یک سطح ماتریس W_{ii} وجود نداشت، لازم است یک ماتریسِ یکه‌ی هم‌درجه جایگزین آن گردد. به عبارت دیگر می‌بایست از فرمول زیر استفاده نمود.

$$W_i^* = I \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^* \quad (۱۲)$$

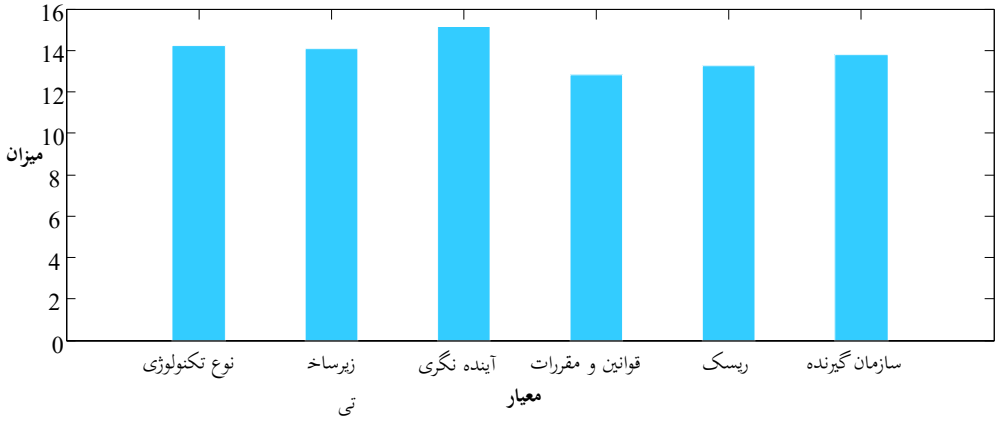
تجزیه‌وتحلیل

همان‌طور که قبلا بیان شد برای حل یک نمونه واقعی، از داده‌های مربوط به خرید سه نوع مته حفاری استفاده می‌شود که در مالکیت ۵ تامین‌کننده موجود قرار دارند. بر اساس مراحل تعریف شده برای انجام روش پیشنهادی، ابتدا با استفاده از روش دیمتل خاکستری میزان اهمیت و اثرگذاری هر کدام از معیارهای نهایی سنجیده شده است. جدول ۲ اهمیت و تاثیرگذاری معیارهای گروه انتخاب تکنولوژی را نشان می‌دهد.

جدول ۲. اهمیت و تأثیرگذاری معیارهای انتخاب تکنولوژی (اعدادقطعی) با روش دیمتل

معیار	$(\tilde{J}_i + \tilde{R}_i)^{def}$	$(J_i - \tilde{R}_i)^{def}$
نوع تکنولوژی	۱۴,۲۴	۰,۱۶
زیرساختی	۱۴,۰۸	۰,۰۵
آینده‌نگری	۱۵,۱۵	-۰,۳۵
قوانین	۱۲,۸۵	۱,۵۵
ریسک	۱۳,۲۸	-۰,۳۲
سازمان گیرنده	۱۳,۷۸	-۱,۰۹

بر اساس داده‌های جدول ۲، آینده‌نگری مهم‌ترین عامل برای انتخاب تکنولوژی است. نمودار داده‌های جدول ۲، به صورت شکل ۲ می‌باشد.



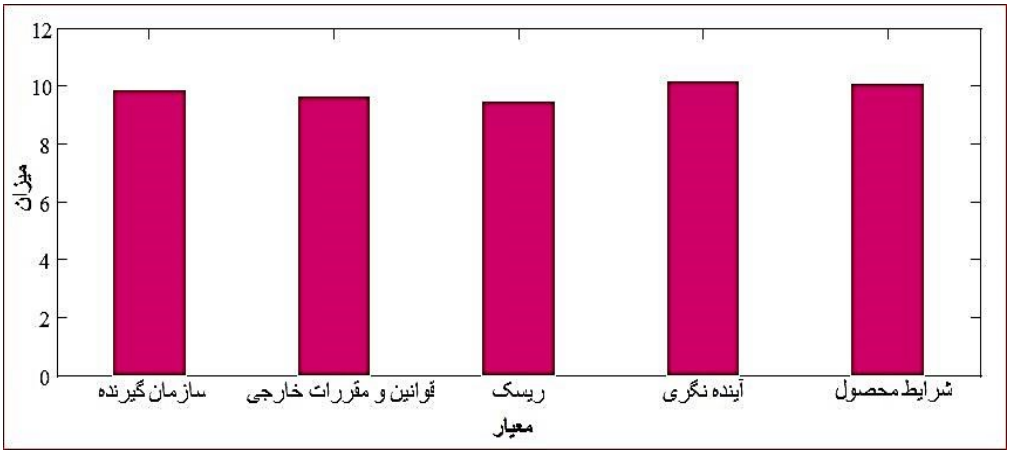
شکل ۲. نمودار اهمیت معیارهای انتخاب تکنولوژی در روش دیمتل

در جدول ۳ اهمیت و تاثیرگذاری معیارهای انتخاب تامین‌کننده نشان داده شده است.

جدول ۳. اهمیت و تأثیرگذاری معیارهای انتخاب تامین‌کننده (اعدادقطعی) با روش دیمتل

معیار	$(\tilde{J}_i + \tilde{R}_i)^{def}$	$(J_i - \tilde{R}_i)^{def}$
سازمان گیرنده	۹٫۸۸	-۰٫۱۳
قوانین و مقرارت خارجی	۹٫۶۴	۱٫۲۷
ریسک	۹٫۵۲	-۰٫۱۳
آینده‌نگری	۱۰٫۱۸	-۰٫۶۵
شرایط محصول	۱۰٫۰۸	-۰٫۳۵

بر اساس داده‌های این جدول که ۵ معیار را بررسی کرده است نیز، معیار آینده‌نگری از بالاترین اهمیت برخوردار است. نمودار مربوط به این جدول در شکل ۳ نشان داده شده است.



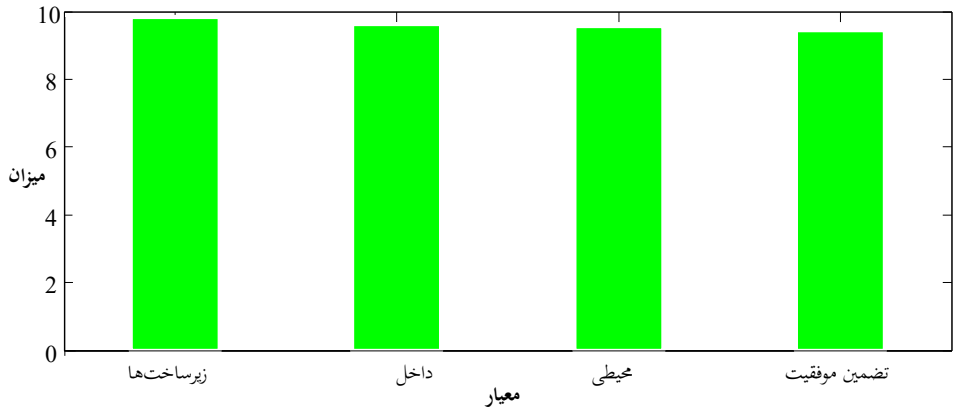
شکل ۳. نمودار اهمیت معیارهای گروه انتخاب تامین‌کننده در روش دیمتل

در جدول ۴ اهمیت و تاثیرگذاری ۴ معیار مربوط به گروه انتخاب روش انتقال نشان داده شده است.

جدول ٤. اهمیت و تأثیرگذاری معیارهای انتخاب روش انتقال (اعدادقطعی) با روش دیمتل

معیار	$(\tilde{J}_i + \tilde{R}_i)^{def}$	$(J_i - \tilde{R}_i)^{def}$
زیرساخت‌ها	۹٫۸۵	-۰٫۹۴
داخل سازمان	۹٫۶۳	-۰٫۲۳
محیطی	۹٫۵۸	۰٫۰۰
تضمین موفقیت	۹٫۴۵	۱٫۱۷

بر اساس جدول ۴، معیار زیرساخت‌ها با اهمیت‌ترین معیار در گروه انتخاب روش انتقال است. شکل ۴ نمودار مربوط به داده‌های جدول ۴ را نشان می‌دهد.



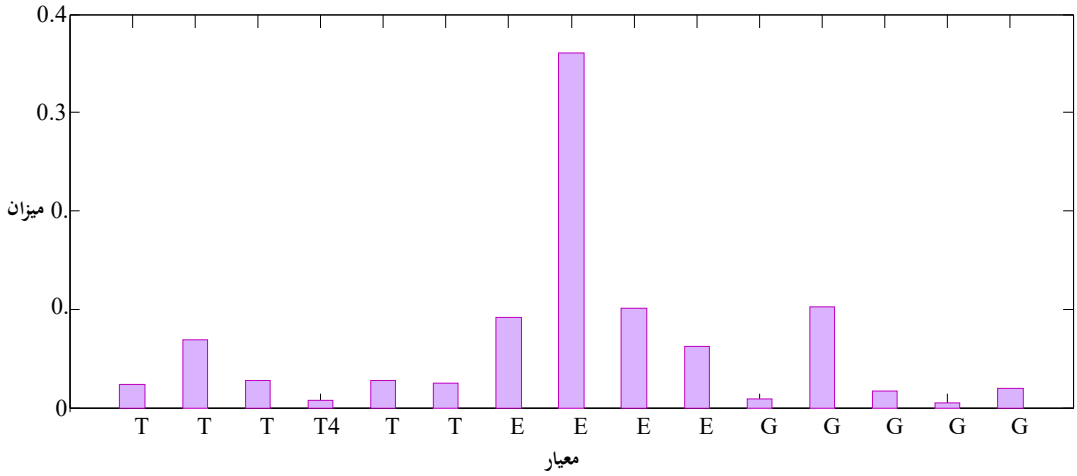
شکل ٤. نمودار اهمیت معیارهای گروه انتخاب روش انتقال در روش دیمتل

پس از تعیین اثرگذاری معیارهای سه گروه انتخاب تکنولوژی، انتخاب روش انتقال تکنولوژی و انتخاب تامین‌کننده با استفاده از روش دیمتل خاکستری؛ حال نوبت به به کارگیری روش بهترین–بدترین برای تعیین اهمیت است (جدول ۵).

جدول ۵. میزان اهمیت معیارها با روش بهترین-بدترین

ردیف	دسته	مشخصه	وزن دسته	عامل	وزن عامل	مقدار ξ^*	میزان سازگاری	وزن نهایی عامل	رتبه نهایی
۱	انتخاب تکنولوژی (T)	T1	۰/۱۵۳	نوع تکنولوژی	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۰/۰۳۱۸	۰/۰۲٤	۸
۲		T2		زیرساختی	۰/۲۷۲			۰/۰٦۹	٤
۳		T3		آینده‌نگری	۰/۱۷۵			۰/۰۲۷	۷
٤		T4		قوانین	۰/۰۵۳			۰/۰۰۸	۱٤
۵		T5		ریسک	۰/۱۸۱			۰/۰۲۸	٦
٦		T6		سازمان گیرنده	۰/۱٦۲			۰/۰۲۵	۹
۱	انتخاب روش انتقال تکنولوژی (E)	E1	۰/۵۸۷	تضمین موفقیت	۰/۱۵۸	۰/۰۸۳۱	۰/۰۱٦٤	۰/۰۹۱	۳
۲		E2		زیرساخت‌ها	۰/٦۱٤			۰/۳٦۰	۱
۳		E3		داخل سازمانی	۰/۱۷۲			۰/۱۰۱	۲
٤		E4		محیطی	۰/۱۰٦			۰/۰٦۲	۵
۱	انتخاب تامین‌کننده (G)	G1	۰/۰٦۲	سازمان گیرنده	۰/۱۵۷	۰	۰	۰/۰۰۹	۱۳
۲		G2		قوانین و مقرارت	۰/۱٦٦			۰/۰۱۰۳	۱۲
۳		G3		ریسک	۰/۲۷۷			۰/۰۱۷	۱۱
٤		G4		آینده‌نگری	۰/۰۸۵			۰/۰۰۵	۱۵
۵		G5		شرایط محصول	۰/۳۱۵			۰/۰۱۹	۱۰

در جدول ۵ وزن هر معیار از گروه‌های سه‌گانه انتخاب تامین‌کننده، انتخاب تکنولوژی و انتخاب روش انتقال محاسبه و نمایش داده شده است. همچنین، میزان سازگاری در هر گروه نیز نشان داده شده که برای هر سه مورد کوچکتر از ۰/۱ می‌باشد. روش بهترین-بدترین به صورت کلی معیار زیرساخت‌ها را مؤثرترین معیار معرفی می‌کند و به صورت خاص معیار زیرساختی در گروه انتخاب تکنولوژی، معیار زیرساخت‌ها برای گروه انتخاب روش انتقال و معیار شرایط محصول را برای گروه انتخاب تامین‌کننده مؤثرترین معیارها برمی‌شمارد. شایان ذکر است که ضریب سازگاری برای گروه انتخاب تامین‌کننده صفر است. همچنین برای انتقال تکنولوژی عدد ۰/۰۱۶۴ و برای انتخاب تکنولوژی میزان ۰/۳۱۸ حاصل شده است.



شکل ۵. نمودار اهمیت معیارها با استفاده از روش بهترین-بدترین

نمودار ۵ به صورت بصری نتایج جدول ۵ را نشان می‌دهد.

مرحله بعد به تعیین اولویت گزینه‌ها که به معنی انتخاب یک تامین‌کننده از بین ۵ تامین‌کننده، یک تکنولوژی از بین ۳ تکنولوژی و ۱ روش انتقال از بین ۵ روش می‌باشد، اختصاص دارد. نتایج حل بر اساس روش پیشنهادی ترکیبی توضیح داده شده (تحلیل شبکه‌ای خاکستری- دیمتل خاکستری و تحلیل شبکه‌ای خاکستری- بهترین بدترین)، در جدول ۶ نشان داده شده است. شایان ذکر است که روش اصلی پیشنهادی این مقاله تحلیل شبکه‌ای خاکستری-بهترین بدترین و روش تحلیل شبکه‌ای خاکستری-دیمتل خاکستری برای مقایسه ارائه شده است.

جدول ٦. ماتریس اوزان نهایی گزینه‌ها با فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری

تامین‌کنندگان	تکنولوژی	روش انتقال تکنولوژی	وزن نهایی گزینه‌ها با فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری و بهترین-بدترین	وزن نهایی گزینه‌ها با فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری و دیمتل خاکستری
تامین‌کننده ۱	Roller Cone Bits	خرید حق امتیاز	۰,۲۷	۰,۲٤
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۲۱	۰,۲٤
		پیمانکاری	۰,۳۰	۰,۲۱
		اتحاد	۰,۲۹	۰,۲۷
		تامین تجهیزات تولید	۰,۳۵	۰,۳۲
	Polycrystalline Diamond Compact	خرید حق امتیاز	۰,۲۲	۰,۲۰
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۳٤	۰,۳۲
		پیمانکاری	۰,٤۱	۰,۳۸
		اتحاد	۰,۲۵	۰,۲۷
		تامین تجهیزات	۰,۲۸	۰,۲۷

		تولید		
	Core Bits	خرید حق امتیاز	۰,۳٤	۰,۳۲
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۲۷	۰,۲۵
		پیمانکاری	۰,۳۱	۰,۳۰
		اتحاد	۰,۳۸	۰,۳۵
		تامین تجهیزات تولید	۰,۲۵	۰,۲۲
تامین‌کننده ۲	Roller Cone Bits	خرید حق امتیاز	۰,۲۵	۰,۲۷
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۲۳	۰,۲۰
		پیمانکاری	۰,٤۰	۰,۳۵
		اتحاد	۰,۲۲	۰,۲۰
		تامین تجهیزات تولید	۰,۲۹	۰,۲۷
	Polycrystalline Diamond Compact	خرید حق امتیاز	۰,۲٦	۰,۳۰
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۲۸	۰,۳۰
		پیمانکاری	۰,۳۲	۰,۲۸
		اتحاد	۰,۳٦	۰,۳۲
		تامین تجهیزات تولید	۰,۳۲	۰,۳۰
	Core Bits	خرید حق امتیاز	۰,۲۵	۰,۲۰
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۳۹	۰,۳۲
		پیمانکاری	۰,۳٤	۰,۳۰
		اتحاد	۰,۲۵	۰,۲۸
		تامین تجهیزات	۰,۲۸	۰,۳۱

		تولید		
تامین‌کننده ۳	Roller Cone Bits	خرید حق امتیاز	۰,۲۹	۰,۲۸
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۳۰	۰,۲۸
		پیمانکاری	۰,۳۰	۰,۲۸
		اتحاد	۰,۳۰	۰,۲۸
		تامین تجهیزات تولید	۰,۲۷	۰,۲۸
	Polycrystalline Diamond Compact	خرید حق امتیاز	۰,۲۵	۰,۳۰
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۲۵	۰,۲۷
		پیمانکاری	۰,۲٦	۰,۲۸
		اتحاد	۰,۲٤	۰,۲۵
		تامین تجهیزات تولید	۰,۲۸	۰,۲۵
	Core Bits	خرید حق امتیاز	۰,۳۲	۰,۳۰
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۳۳	۰,۳۰
		پیمانکاری	۰,۳۳	۰,۳٦
		اتحاد	۰,۲۸	۰,۳۲
		تامین تجهیزات تولید	۰,۲٤	۰,۲۸
تامین‌کننده ٤	Roller Cone Bits	خرید حق امتیاز	۰,۲۹	۰,۲٤
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۲۷	۰,۲۸
		پیمانکاری	۰,۲۷	۰,۲۷
		اتحاد	۰,۲۵	۰,۲٤

		تامین تجهیزات تولید	۰,۳۶	۰,۳۲
	Polycrystalline Diamond Compact	خرید حق امتیاز	۰,۳٤	۰,۳۱
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۲۷	۰,۳۰
		پیمانکاری	۰,۲٦	۰,۲۵
		اتحاد	۰,۲۷	۰,۲۸
		تامین تجهیزات تولید	۰,۳۰	۰,۳۱
	Core Bits	خرید حق امتیاز	۰,۳۰	۰,۳٤
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۳۰	۰,۳۱
		پیمانکاری	۰,۳٦	۰,۳۰
		اتحاد	۰,۳۵	۰,۳۵
		تامین تجهیزات تولید	۰,۳۵	۰,۳۲
تامین‌کننده ۵	Roller Cone Bits	خرید حق امتیاز	۰,۳٦	۰,۳٦
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۳۸	۰,۳۰
		پیمانکاری	۰,۳۹	۰,۳۲
		اتحاد	۰,۲۸	۰,۲٤
		تامین تجهیزات تولید	۰,۲۷	۰,۲٤
	Polycrystalline Diamond Compact	خرید حق امتیاز	۰,۲۸	۰,۲۷
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۳۰	۰,۳۳
		پیمانکاری	۰,۳۰	۰,۲۸
		اتحاد	۰,۳٤	۰,۳۵

		تامین تجهیزات تولید	۰,۳۱	۰,۳۲
	Core Bits	خرید حق امتیاز	۰,۳۵	۰,۳۳
		سرمایه‌گذاری خارجی	۰,۳٤	۰,۳۵
		پیمانکاری	۰,۲۷	۰,۲۷
		اتحاد	۰,۲۸	۰,۲۹
		تامین تجهیزات تولید	۰,۲۹	۰,۳۰

در جدول شماره ۶، ستون اول ۵ تامین‌کننده، ستون دوم ۳ نوع تکنولوژی دردسترس و ستون سوم ۵ روش انتقال تکنولوژی را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های به دست آمده که در دو ستون آخر نوشته شده است، تامین تکنولوژی ساخت مته‌های الماس مصنوعی یا فشرده الماس پلی کریستالین[1] از تامین‌کننده اول و با روش انتقال پیمانکاری با وزن ۰/۴۱ با استفاده از روش بهترین-بدترین و فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری و همچنین با وزن ۰/۳۸ با استفاده از ترکیب روش دیمتل خاکستری و فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری؛ بهترین انتخاب است. نتایج به دست آمده از دو روش دیمتل خاکستری و بهترین-بدترین بسیار به یکدیگر نزدیک هستند، اما روش بهترین-بدترین که روشی جدید در روش‌های تصمیم‌گیری است به دلیل توانایی بهتر در تعیین وزن معیارها و همچنین نیازمند بودن به انجام مقایسات کمتر از سوی خبرگان، نسبت به روش دیمتل ارجحیت دارد.

1 . Polycrystalline Diamond Compact Bits

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی و انتخاب سه آیتمِ: تکنولوژی مناسب، روش درست انتقال آن و انتخاب تامین‌کننده بهینه آن تکنولوژی از نظر کاهش هزینه‌ها و اثرات زیست‌محیطی، افزایش بهره‌وری، استفاده از قابلیت‌های سازمان و افراد، کنترل ریسک و در نهایت برنامه‌ریزی صحیح برای استفاده بهینه از زمان و منابع برای سازمان مهم و حیاتی است. در این مقاله برای انتخاب بهترین تامین‌کننده، بهترین تکنولوژی و بهترین روش انتقال از روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه استفاده شد. از روش دیمتل خاکستری و بهترین-بدترین برای تعیین وزن معیارها و از فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری برای تعیین اولویت گزینه‌ها استفاده شد. با داشتن ۵ انتخاب برای تامین‌کننده، ۳ انتخاب برای تکنولوژی و ۵ انتخاب برای روش انتقال تکنولوژی، همانطور که از نتایج جدول ۶ مشخص می‌باشد با استفاده از هر دو روش ترکیبیِ تحلیل شبکه‌ای خاکستری-دیمتل خاکستری و تحلیل شبکه‌ای خاکستری- بهترین بدترین، تامین‌کننده شماره ۱ با تکنولوژی ساخت مته‌های الماس مصنوعی یا فشرده الماس پلی کریستالین و روش انتقال تکنولوژی پیمانکاری، بهترین انتخاب تشخیص داده شد. نتایج حاصل از روش ترکیبی فرآیند تحلیل شبکه‌ایی خاکستری و بهترین-بدترین به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا بتوانند در شرایط عدم قطعیت با روشی سیستماتیک و دقیق به انتخاب تامین‌کننده بهینه با توجه به تکنولوژی و روش انتقال مناسب آن مبادرت ورزند. همچنین با توجه به نتایج ارائه شده در بخش تجزیه و تحلیل داده‌ها تنها روش بهترین-بدترین دارای این توانایی است که به صورت هم‌زمان و یک‌پارچه به رتبه‌بندی تمامی معیارهای هر سه گروه انتخاب تکنولوژی، انتخاب روش مناسب انتقال و انتخاب دارنده بپردازد که در این راستا معیار زیرساخت‌ها دارای بیشترین اهمیت در میان تمامی معیارهای سه گروه بوده است. این نتیجه بر توجه ویژه مسئولین تصمیم‌گیر در این مطالعه موردی به مواردی همچون زیرساخت‌های سخت افزاری و نرم افزاری لازم برای انتقال محصول، آمادگی و سازگاری سازمانی و فرهنگی، قوانین مورد نیاز و ... تاکید دارد. با توجه به نتایج به دست آمده در گروه انتخاب تکنولوژی، روش دیمتل معیار آینده‌نگری را با اهمیت ترین معیار تشخیص داده است، درحالیکه با استفاده از روش

بهترین-بدترین ، مهم‌ترین معیار شاخص زیرساختی بوده است. علی‌رغم با اهمیت بودن معیار آینده‌نگری در انتخاب تکنولوژی باید توجه نمود که حتی در صورت لحاظ نمودن کلیه زیرمعیارهای تاثیرگذار در معیار آینده‌نگری و انتخاب مناسب‌ترین تکنولوژی در آینده، چنانچه زیرساخت‌های لازم برای انتقال و بومی‌سازی این تکنولوژی موجود نباشند بی‌شک فرایند انتقال تکنولوژی محکوم به شکست خواهد بود و از این منظر روش بهترین-بدترین همان‌طور که انتظار آن می‌رفت دقیق‌تر از روش دیمتل عمل نموده است. از سوی دیگر در گروه انتخاب تامین کننده در حالیکه روش دیمتل مجددا معیار آینده نگری را با اهمیت ترین معیار تشخیص داده است با استفاده از روش بهترین-بدترین با اهمیت ترین معیار شاخص شرایط محصول بوده است. در این مورد نیز باید توجه نمود که مجددا علی‌رغم با اهمیت بودن معیار آینده‌نگری در انتخاب تامین‌کننده، چنانچه زیرمعیارهای شاخص شرایط محصول مانند کیفیت، تکنولوژی تولیدی و سطح مهارت مورد نیاز، هزینه (قیمت محصول)، زمان تحویل محصول، روش پرداخت و ... در فرایند انتقال تکنولوژی لحاظ نگردند بی شک نمی‌توان به موفقیت فرایند انتقال تکنولوژی اطمینان داشت و از این منظر نیز روش بهترین-بدترین بر اساس فرضیات این تحقیق، دقیق‌تر از روش دیمتل عمل نموده است.

در تحقیقات آتی می‌توان از ترکیب‌های دیگری مانند اعداد فازی تقریبی با ارزش زمانی-بهترین بدترین[1] با برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کرد.

1 . Interval-Valued Fuzzy-Rough Numbers and Best Worst Method

منابع

اکبریان، م؛ نجفی، ا (۱۳۹۳). ترسیم نقشه استراتژی در کارت امتیازی متوازن با استفاده از روش دیمتل. *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، سال دوازدهم، شماره ۳۴، ص ۱۵۴-۱۳۳.

الفت، ل؛ صدیقی گاریز، س (۱۳۹۳). رتبه بندی عوامل موثر بر تسهیم اطلاعات در زنجیره تامین با به کارگیری تکنیک تصمیم گیری چندمعیاره فازی در صنعت پالایش و پخش فراورده‌های نفتی کشور، *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، سال دوازدهم، شماره ۳۲، ص ۱۲۱-۹۹.

آذر، ع؛ رجب زاده قطری، ع، اخوان، ع (۱۳۹۶). نگاشت مدل تولید پایدار با رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری و دیمتل فازی، *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، سال پانزدهم، شماره ۴۶، ص ۲۶-۱.

باقری، س؛ صدرائی، س (۱۳۸۹). گذر از پژوهش جزیره ای به نوآوری شبکه ای در صنعت نفت ایران، فرصت‌ها و چالش‌ها، تهران، *چهارمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری ایران*.

جعفرنژاد، ا؛ احمدی، ا؛ ملکی، م (۱۳۹۰). ارزیابی تولید ناب با استفاده از رویکرد ترکیبی از تکنیکهای ANP و DEMATEL در شرایط فازی، *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، سال هشتم، شماره ۲۰، ص ۲۵-۱.

سلامی، ر؛ رمضانی، ه؛ صدیقی گاریز، س؛ جمالی،۱ (۱۳۹۰). انتخاب روش مناسب سرمایه گذاری خارجی با به کارگیری تکنیکهای تصمیم گیری چند معیاره در صنایع پالایش نفت جمهوری اسلامی ایران، *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، ۹(۲۳)، ص ۹۶-۷۱.

شاه‌قلیان، ک؛ علیزاده سیاهکل، م (۱۳۹۵). ارائه یک سیستم پشتیبان تصمیم فازی جهت انتخاب مناسب ترین چیدمان جریان تولید ناب، *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، سال چهاردهم، شماره ۴۳، ص ۱۸۸-۱۶۳.

طباطبائیان، ح؛ نوده، ع (۱۳۸۳). انتخاب روش مناسب پیش بینی تکنولوژی: مطالعه موردی تکنولوژی GIS، *فصلنامه مدیریت صنعتی*، دوره دوم، شماره ۴، ص ۲۰-۱.

عزیزی، م؛ صبحیه، م؛ و بمانیان، م (۱۳۸۶). بررسی جایگاه و اهمیت مدیریت انتقال تکنولوژی در صنعت نفت کشور، فصلنامه مدیریت پروژه، ۶، ص ۲۳-۱۴.

نایبی، م ا؛ پارسانژاد، ا؛ پارسانژاد، م (۱۳۹۲). یک رویکرد TOPSIS فازی با اوزان ترکیبی برای انتخاب فروشندهٔ سیستم‌های مخابراتی، *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۱(۲۹)، ص ۸۷-۶۱.

رضوی حاجی آقا، ح؛ عموزاد مهدیرجی، ح؛ اکرمی، ه؛هاشمی، ش (۱۳۹۲). مدل برنامه ریزی غیر خطی مبتنی بر TOPSIS برای محاسبهٔ اوزان ایده آل شاخص‌های تصمیم گیری، *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۱(۲۹)، ص ۳۹-۲۱.

Abdullah, L., & Rahman, N. A. A. (2017). "Analytic Network Process for Developing Relative Weight of Wastewater Treatment Technology Selection". *Modern Applied Science*, 11(5), 64.

Dantas, E., & Bell, M. (2011). "The co-evolution of firm-centered knowledge networks and capabilities in late industrializing countries: the case of Petrobras in the offshore oil innovation system in Brazil". *World Development*, 39(9), 1570-1591.

Deshmukh, S., & Sunnapwar, V. (2019). "Fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) for green supplier selection in Indian Industries". *In Proceedings of international conference on intelligent manufacturing and automation* (pp. 679-687). Springer, Singapore.

Farshidi, S., Jansen, S., de Jong, R., & Brinkkemper, S. (2018). "A decision support system for software technology selection". *Journal of Decision Systems*, 1-13.

García-Vega, M., & Huergo, E. (2017). "Trust and technology transfers". *Journal of Economic Behavior & Organization*, 142, 92-104.

Goker, N., & Karsak, E. E. (2016). "An Improved Common Weight DEA-Based Methodology for Manufacturing Technology Selection". *In Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science* (Vol. 2).

Habbal, A., Goudar, S. I., & Hassan, S. (2019). "A Context-aware Radio Access Technology selection mechanism in 5G mobile network for smart city applications". *Journal of Network and Computer Applications*, 135, 97-107.

Heum, P. (2008). *"Local Content Development: Experiences from oil and gas activities in Norway"*. Working Paper 2.

Hu, W., Liu, G., & Tu, Y. (2016). Wastewater treatment evaluation for enterprises based on fuzzy-AHP comprehensive evaluation: a case study in industrial park in Taihu Basin, China. *SpringerPlus*, 5(1), 907.

Kharat, M. G., Raut, R. D., Kamble, S. S., & Kamble, S. J. (2016). "The application of Delphi and AHP method in environmentally conscious solid waste treatment and disposal technology selection". *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 27(4), 427-440.

Kheybari, S., Rezaie, F. M., Naji, S. A., & Najafi, F. (2019). "Evaluation of energy production technologies from biomass using analytical hierarchy process: The case of Iran". *Journal of Cleaner Production*, 232, 257-265.

Karunathilake, H., Hewage, K., Mérida, W., & Sadiq, R. (2019). "Renewable energy selection for net-zero energy communities: Life cycle based decision making under uncertainty". *Renewable energy*, 130, 558-573.

Klintenberg, P., Wallin, F., & Azimoh, L. C. (2014). "Successful technology transfer: What does it take?". *Applied Energy*, 130, 807-813.

Kumar, S., Luthra, S., & Haleem, A. (2015). "Benchmarking supply chains by analyzing technology transfer critical barriers using AHP approach". *Benchmarking an International Journal*, 22(4), 538-558.

Lee, A. H., Wang, W. M., & Lin, T. Y. (2010). "An evaluation framework for technology transfer of new equipment in high technology industry". *Technological Forecasting and Social Change*, 77(1), 135-150.

Li, Y., & Mathiyazhagan, K. (2018). "Application of DEMATEL approach to identify the influential indicators towards sustainable supply chain adoption in the auto components manufacturing sector". *Journal of Cleaner Production*, *172*, 2931-2941.

Lin, J. J., & Wei, Y. H. (2018). "Assessing area-wide bikeability: A grey analytic network process". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 381-396.

Lu, C., You, J. X., Liu, H. C., & Li, P. (2016). "Health-care waste treatment technology selection using the interval 2-tuple induced TOPSIS method". *International journal of environmental research and public health*, 13(6), 562.

Mardani, A., Zavadskas, E. K., Streimikiene, D., Jusoh, A., & Khoshnoudi, M. (2017). "A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1298-1322.

Mazdeh, M., Shafia, M., Bandarian, R., & Kahrizi, A. (2015). "An ISM approach for analyzing the factors in technology transfer". *Decision Science Letters*, 4(3), 335-348.

Mohr, H. (1999). "Technology assessment in theory and practice". Techné: *Research in Philosophy and Technology*, 4(4), 233-235.

Mokhtarzadeh, N. G., Mahdiraji, H. A., Beheshti, M., & Zavadskas, E. K. (2018). "A Novel Hybrid Approach for Technology Selection in the Information Technology Industry". *Technologies*, 6(1), 34.

Montazeri, M. M., & Najjartabar-Bisheh, M. (2017). "Optimizing Technology Selection for Power Smart Grid Systems: a Case Study of Iran Power Distribution Industry (IPDI) ". *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*, 2(1), 6.

Moradian, A., Hessami, H. Z., & Pezeshki, P. M. (2010). "Prioritization of Technology Transfer Methods to Downstream Petrochemical Industries in Developing Countries". *Terengganu International Business and Economics Conference*.

Motohashi, K. (2010). "R&D activities of manufacturing multinationals in China: structure, motivations and regional differences". *China & World Economy*, 18(6), 56-72.

Pamučar, D., Petrović, I., & Ćirović, G. (2018). "Modification of the Best–Worst and MABAC methods: A novel approach based on interval-valued fuzzy-rough numbers". *Expert Systems with Applications*, 91, 89-106.

Rahimi, F., Goli, A., & Rezaee, R. (2017). "Hospital location-allocation in Shiraz using Geographical Information System (GIS ". *Shiraz E-Medical Journal*, 18(8).

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, 49-57.

Rezaei, J., Nispeling, T., Sarkis, J., & Tavasszy, L. (2016). "A supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the best worst method". *Journal of Cleaner Production*, 135, 577-588.

Sahin, B., & Yip, T. L. (2017). "Shipping technology selection for dynamic capability based on improved Gaussian fuzzy AHP model". *Ocean Engineering*, 136, 233-242.

Serrai, W., Abdelli, A., Mokdad, L., & Hammal, Y. (2017). "Towards an efficient and a more accurate web service selection using MCDM methods". *Journal of Computational Science*, 22, 253-267.

Sharawat, K., & Dubey, S. K. (2018). "Diet Recommendation for Diabetic Patients Using MCDM Approach. In Intelligent Communication". *Control and Devices* (pp. 239-246). Springer, Singapore.

Shen, Y. C., Lin, G. T., & Tzeng, G. H. (2011). "Combined DEMATEL techniques with novel MCDM for the organic light emitting diode technology selection". *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1468-1481.

Taghavifard, M., Rostami, M., & Mousavi, S. M. M. (2011). "A HIERARCHICAL FUZZY TOPSIS MODEL FOR EVALUATING TECHNOLOGY TRANSFER OF MEDICAL EQUIPMENT". *International Journal of Academic Research*, 3(3).

Tansel, B. (2012). "Significance of thermodynamic and physical characteristics on permeation of ions during membrane separation: Hydrated radius, hydration free energy and viscous effects". *Separation and purification technology*, *86*, 119-126.

Tian, Z. P., Wang, J. Q., & Zhang, H. Y. (2018). An integrated approach for failure mode and effects analysis based on fuzzy best-worst, relative entropy, and VIKOR methods. *Applied Soft Computing*, 72, 636-646.

Zack, M. H. (1999). Developing a knowledge strategy. *California management review*, 41(3), 125-145.