مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال یازدهم، شماره سوم (پیاپی ۴۲)، پاییز ۹۳، ص ص ۳۳-۱۳
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

یک مدل MCDM جدید ترکیبی از DEMATEL و ANP با VIKOR برای اولویت‌بندی کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی

حامد کریمی شیرازی*[1]، محمود مدیری[2]، قاسم فرج‌پور خاناپشتانی[3]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، گروه مدیریت صنعتی، رشت، ایران

۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، گروه مدیریت و حسابداری، تهران، ایران

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند تهران، گروه مهندسی صنایع - مدیریت سیستم و بهره‌وری، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱۷ بهمن ۱۳۹۲
پذیرش مقاله: ۲۴ تیر ۱۳۹۳

چکیده

فناوری نانو کاربردهای گوناگونی در صنایع غذایی دارد و اولویت‌بندی آن‌ها در جهت تصمیم‌گیری تخصیص بهینه‌ی منابع مختلف و سرمایه‌گذاری برای دسترسی به بازارهای در حال رشد محصولات مشتق از فناوری نانو در بخش صنایع غذایی و توسعه‌ی این فناوری‌ها اهمیت دارد. حال، مساله این است که اولویت‌بندی این کاربردها در صنایع غذایی بر اساس مدل ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) چگونه است؟ جهت حل مساله، پس از انجام تحقیقات مقدماتی و مستندات علمی، معیارهای مهم در اولویت‌بندی مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی استخراج شد و با اعمال نظر اساتید دانشگاه و خبرگان صنعت جهت غربالگری، معیارهای دارای وزن‌های اعشاری و فازی بیشتر انتخاب گردید. در ادامه، ارزیابی معیارها با کمک پرسش‌نامه‌ی مقایسات زوجی و تحت شرایط عدم قطعیت (فازی) با نظرسنجی تعداد ۱۰ نفر از متخصصین و با رویکرد ترکیبی ANP بر اساس DEMATEL (DANP) و VIKOR برای اولویت‌بندی استفاده شد. نتیجه‌ی اولویت‌بندی نشان داد که کاربرد فناوری نانو سطح "بسته‌بندی" و "کنترل کیفیت" در بخش صنایع غذایی از امتیاز بالاتری برخوردار است و در اولویت قرار دارد. این نتایج می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان در بهبود اولویت‌ها و برنامه‌ریزی استراتژیک کمک کند.

کلمات کلیدی: فناوری نانو، صنایع غذایی، MCDM، ANP بر اساس DEMATEL (DANP)، VIKOR.

۱ مقدمه

ارتباط نانو با غذا یکی از مهم‌ترین بخش‌های صنعت تمام کشورهاست. با رشد روز افزون جمعیت دنیا و کاهش منابع غذایی، توسعه‌ی این بخش از صنعت ضروری به نظر می‌رسد و فناوری نانو می‌تواند کمک بسیار بزرگی در

* عهده دار مکاتبات
پست الکترونیکی: Hamedkarimishirazi@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

تأمین بخشی از نیازهای غذایی جامعه‌ی بشر باشد. تولید کننده‌های کشاورزی و صاحب کارخانه‌های غذایی می‌توانند یک موقعیت رقابتی و تضمین سهم بازار خود را از طریق کاربردهای نانو تکنولوژی به دست آورند و درصد بالای از نرخ بیکاری افراد تحصیل کرده را بکاهند. با این حال از دیدگاه بازاریابی، فناوری نانو می‌تواند به صنایع غذایی کمک کند و نیازهای متنوع مصرف کنندگان محصولات غذایی را که در حال افزایش است، برآورده کند. از جمله محصولات غذایی سالم و مقرون به صرفه، خوشمزه و ... پیش بینی شده است که بازار محصولات مشتق از فناوری نانو برای بخش مواد غذایی در سال به سرعت رشد خواهد کرد[۱]. شواهد موجود نشان می‌دهد که در آینده درصد بالایی از بازارهای محصولات مختلف، متکی بر فناوری نانو خواهد بود و به همین دلیل دولت‌ها و شرکت‌های بزرگ و کوچک به دنبال کسب جایگاهی برای خود در این بازارها هستند. پیش بینی‌های بسیاری در مورد حجم بازار صنایع مختلف متکی بر فناوری نانو انجام شده است، ولی در کنار این پیش بینی‌ها، باید پرسیده شود که جایگاه کشورهایی که به آن دسترسی ندارند، در بازارهای آینده و اقتصاد جهانی چه خواهد بود؟ باتوجه به این که سهم هر کشور یا بنگاه در زمان شکل گیری یک بازار تثبیت می‌شود، زمان سرمایه گذاری برای رسیدن به جایگاه مناسب همین امروز است [۲]. از موارد فوق چنین استنباط می‌گردد که کشور ما نیز ناگزیر باید به این عرصه وارد گردد و نیازسنجی‌های ممکن باید هر چه سریع تر انجام گیرد. فناوری نانو در صنایع غذایی به شکل‌های مختلفی کاربرد دارد. این کاربردها می‌تواند شامل استفاده از فناوری نانو در مواد بسته‌بندی، کنترل کیفیت، فرآیندهای تولید غذا و خود غذا باشد [۳].

بنابراین فرصت‌های سرمایه گذاری بر روی فناوری نانو را باید بشناسیم و لازم است بدانیم که به کجا باید نگاه کنیم. شناخت زمینه ای مؤثر برای سرمایه‌گذاری موجب تسهیل امور می‌شود و امکان رقابت با سرمایه گذارانی که در انتظار فرصت‌های تغییر پارادایم و پیشرفت در سطح مولکولی هستند، راحت‌تر می‌کند [۴]. با وجود فناوری نانوی متنوع در تولید غذا، سرمایه گذاری روی تمام این فناوری‌ها به دلیل محدودیت اقتصادی- اجتماعی، انسانی، تکنولوژی، محیط زیست و وجود برخی الزامات برای تولید مواد غذایی امری غیر قابل انکار است. از این رو اولویت‌بندی فناوری نانو در بخش صنایع غذایی جهت سرمایه گذاری و همچنین مدیریت منابع مالی، انسانی و زمان صرف شده و تخصیص میزان مناسبی هر کدام از منابع به هر فناوری و بهینه سازی آن از اهمّیت خاصی بر خوردار است.

حال مساله‌ی مهم این است که کدام یک از کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی باید در کشور مورد توجه بیشتری قرار گیرد و چگونه می‌توان بر اساس چارچوب و مدل ریاضی آن را اولویت‌بندی کرد؟ برای حل این مساله به بررسی مبانی نظری با هدف توسعه یک طرح تحقیق مناسب پرداختیم. کاربردهای متفاوتی از فناوری نانو در صنایع غذایی در مقالات معتبر مطرح شده؛ ولی تحقیقی که تشخیص دهیم بر روی کدام قسمت از آن بیشتر بپردازیم وجود نداشت در واقع اولویت‌بندی در این مورد کم تر صورت پذیرفته و یا به ندرت صورت گرفته است. بنابراین، با توجه به این که با موضوع انتخاب و وزن‌دهی (اهمیّت نسبی) مواجه هستیم از میان روش‌های تصمیم‌گیری، با توجه به کاربردهای آن از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای حل این مساله پرداختیم. روش‌های متعددی تحت عنوان روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره وجود دارد و نقاط ضعف و قوت

www.SID.ir

این مدل‌ها را بررسی کردیم تا مدل ریاضی مناسب برای تحقیق ارایه گردد. در واقع پس از مطالعه‌ی مرور ادبیات و طبق نظر خبرگان و اساتید فن در حوزه‌ی MCDM ، از مدل ویکور (VIKOR) برای رتبه بندی کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی بر اساس معیارها پرداختیم و معیارها از طریق ترکیب دو روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری بر اساس فرآیند تحلیل شبکه‌ای (DANP) و با توجه به مبهم و غیر قطعی بودن مساله با استفاده از نظریه فازی ارزیابی گردید که این ترکیب، نوآوری مقاله محسوب می‌شود. از آن‌جایی که هم گرایی فناوری نانو و علم غذا منجر به بروز قابلیت‌های فراوانی می‌شود و شرکت صنایع غذایی کشور ما نیز ناگزیر باید به این عرصه وارد گردد و در این زمینه سرمایه‌گذاری و محصولاتی نیز به بازار عرضه کند، بنابراین نیازسنجی‌های ممکن باید هر چه سریع تر انجام گیرد و این ضرورت تحقیق حاضر را می‌رساند. با توجه به ضرورت انجام تحقیق اهدافی مطرح می‌شود که هدف این تحقیق است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

۱. شناسایی مهم‌ترین عوامل برای انتخاب کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی و تعیین چگونگی تأثیرات و میزان اهمّیت آن‌ها با استفاده از ترکیب دو روش ANP بر اساس DEMATEL (DANP).
۲. اولویت‌بندی مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو دربخش صنایع غذایی با روش VIKOR.
۳. پیشنهادهای کاربردی برای برنامه‌ریزی مناسب تصمیم‌گیرندگان در حوزه‌ی فناوری نانو در بخش صنایع غذایی.

از آن جایی که در این پژوهش از مدل‌های ریاضی و تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود فرضیه‌ای مطرح نیست؛ لذا سؤالات تحقیق به شرح زیر مطرح می‌شود:

۱. مدل مناسب برای اولویت‌بندی مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی چیست؟
۲. چه عواملی در اولویت‌بندی مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی اهمیت دارد و تأثیرات و وزن هر عامل بر اساس رویکرد ترکیبی ANP بر اساس DEMATEL (DANP) چقدر است؟
۳. مناسب‌ترین کاربرد فناوری نانو برای رسیدن به سطح تولید محصولات نانو غذا بر اساس روش VIKOR کدام است؟

این مطالعه به دنبال یک مدل MCDM جدید برای کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی است که با ترکیبی از DEMATEL ارتباط مؤثر میان خوشه و معیارها ایجاد کرده، از ANP بر اساس DEMATEL (DANP) برای پیدا کردن وزن مؤثر و از روش VIKOR به اولویت‌بندی فناوری نانو در بخش صنایع غذایی جهت سرمایه‌گذاری پرداخته است و سهم هر فناوری را از میزان منابع اختصاص یافته مشخص کرده تا در بهبود و ایجاد استراتژی‌های صحیح برای کاهش ریسک تصمیم‌گیری مدیران و سرمایه‌گذاران و نیز رفع نیازهای مشتریان در حوزه‌ی فناوری نانو در صنعت غذا مؤثر باشد. در حقیقت در این مقاله بعد از معرفی مهم‌ترین سطوح کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی، به بررسی عوامل کلیدی انتخاب پرداختیم و نیز گام‌هایی که می‌توان در این زمینه برداشت و در ارایه‌ی عواملی از اثرات اقتصادی در انتخاب آن سعی کردیم. هم‌چنین ماهیت برخی از معیارها و بهبود آن در این زمینه را بیان کردیم.

Archive of SID
www.SID.ir

۲ نانو تکنولوژی و صنعت غذا

تعاریف زیادی برای فناوری نانو وجود دارد. در حقیقت فناوری نانو، ساخت و استفاده از مواد و ساختارهای در مقیاس نانو متر است (یک نانو متر یک میلیونیوم یک میلی‌متر است)[۵]. فناوری جدید مواد غذایی، پیشرفت‌های علمی و تکنولوژی است که ممکن است برای ارتقای راه‌های تولید و پردازش مواد غذایی در ارتباط با صنعت باشد [۶]. هنگامی به غذا، نانو غذا می‌گویند که نانو ذرات و روش یا ابزارهای فناوری نانو در طی مراحل کشت، تولید، فرآوری و بسته‌بندی مواد غذایی استفاده شود [۵]. نمونه‌هایی از فناوری نانو به عنوان یک ابزار برای رسیدن به پیشرفت‌های بیشتر در صنعت مواد غذایی بدین صورت است: ۱. افزایش امنیت تولید، پردازش و حمل و نقل مواد غذایی از طریق حس گرها برای تشخیص عامل بیماری‌زا و آلاینده‌ها.۲. دستگاه‌هایی که به حفظ سوابق تاریخی زیست محیطی یک محصول خاص می‌پردازد.۳. سیستم های هوشمند کنترل مواد غذایی که اثربخشی امنیت پردازش و حمل و نقل مواد غذایی را افزایش می‌دهد[۷، ۸] .پیشرفت در فناوری نانو طیف وسیعی از مزایا در زنجیره‌ی مواد غذایی را به ما وعده می‌دهد. مانند فرآیندهای جدید، مواد و کاربردهای برای کارایی تولید غذا، استفاده‌ی کمتر از مواد شیمیایی کشاورزی و فرآیند مواد غذایی بهداشتی [۷، ۹].

۲-۱ مروری بر برخی از کاربردهای فناوری نانو

تعداد زیادی از شرکت‌ها کاربردهای فناوری نانو را ارایه کرده‌اند و هم چنان نیز در حال افزایش است [۱۰، ۳، ۱۱، ۱۲]. برنامه‌های کاربردی فناوری نانو شامل طیف وسیعی از مواد در مقیاس نانو است که به غذا اضافه می‌شود. به عنوان مثال نانو اولسیون، ایمنی مواد غذایی و ایمنی زیست [۱۱]. انتظار می‌رود نانو تکنولوژی در حوزه‌های مختلفی از علم غذا تأثیر بگذارد که برای صنایع غذایی و مشتریان مزایا دارد[۱۳]. فعالیت‌های پژوهشی در برنامه‌های کاربردی فناوری نانو برای بخش مواد غذایی در حال حاضر توسعه‌ی بهبود طعم و مزه، عطر، بافت و افزایش جذب و فراهم زیستی از مواد مغذی و ترکیبات زیست فعال، بهبود کیفیت، ماندگاری و ایمنی مواد غذایی، خواص ضد میکروبی نانو حس گرها برای ردیابی و نظارت بر وضعیت مواد غذایی در حمل و نقل و ذخیره‌سازی است [۵]. فناوری نانو هم‌چنین طیف گسترده‌ای از فرصت‌ها برای توسعه‌ی محصولات ابتکاری برنامه‌های کاربردی در سیستم های غذایی ارایه می‌دهد [۱۴، ۱۵].

۱. بسته‌بندی و ایمنی: پیشرفت در بسته‌بندی هوشمند برای افزایش عمر مفید محصولات غذایی، هدف بسیاری از شرکت‌هاست. این سیستم‌های بسته‌بندی قادر خواهد بود پارگی‌ها و سوراخ‌های کوچک را با توجه به شرایط محیطی (مانند تغییرات دما و رطوبت) ترمیم و مصرف کننده را از فساد ماده‌ی غذایی آگاه سازد. فناوری نانو می‌تواند در مواردی مانند افزایش مقاومت به نفوذ در پوشش‌ها، افزایش ویژگی‌های دیواره (مکانیکی، حرارتی، شیمیایی و میکروبی)، افزایش مقاومت در برابر گرما، گسترش ضد میکروب‌های فعال و سطوح ضد قارچ کارساز باشد [۱۵].

۲. تولید: در بخش تولید می‌توان هم در صنعت کشاورزی و هم در ابداع روش‌های جدید برای تولید غذا مانند به کارگیری نانوسنسورها در شناسایی آفت‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و ژن‌های مختلف گیاهان و همچنین تولید

www.SID.ir

آفت‌کش‌های بی خطر و نیز کاهش اثرات منفی آفت کش‌های موجود از این فناوری بهره گرفت، به علاوه می‌توان با سنتز مواد تغذیه‌ای در گروه‌های غذایی مورد نیاز طعم‌دهی، ترکیبات و پیوند آنزیم‌ها را به هم ریخت و به تولید مواد جدید غذایی با طعم‌ها و رنگ‌های مختلف دست یافت [۱۶].

۳. بهداشت: با توسعه‌ی فناوری نانو در بخش بهداشت و سلامت می‌توان محصولاتی تولید کرد که به طور مستقیم و غیرمستقیم بر ارتقای سلامت انسان، بهداشت جامعه و سلامت محیط زیست تأثیر گذارد. با توجه به کاربردهای اخیر فناوری نانو در حوزه‌ی پزشکی، می‌توان گفت این فناوری، کلیدی برای روش‌های تشخیص سریع‌تر و آسان‌تر بیماری‌ها در آزمایش‌های گوناگون است، که برای تشخیص پارامترها و ساخت حس‌گرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این علم هم چنین می‌تواند تولید محصولات بافتی مهندسی‌شده و مصنوعی را گسترش دهد که کاربرد فراوانی در علم پزشکی دارد [۱۷].

تعداد زیادی از کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی وجود دارد.کاربردها در بسته‌بندی، امید بخش‌تر است چون می‌تواند تولیدات غذای ایمن و با کیفیت را توسعه دهد [۱۸]. برخی از مهم‌ترین مطالعه‌های انجام شده در زمینه‌ی برنامه‌های کاربردی فناوری نانو در غذا و صنایع وابسته‌ی به آن از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ که بیش‌ترین تواتر در بین منابع را داشت در جدول ۱ نشان داده شده است.

۲-۲ تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

تکنیک‌های تصمیم گیری چندمعیاره به خاطر برتری‌شان نسبت به سایر تکنیک‌ها در ارزیابی گزینه‌های متفاوت، از پرکاربردترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری است. این تکنیک‌ها هم‌چنین قابلیت ارزیابی کمّی و کیفی معیارها را که برای تکنیک‌های سنّتی امکان‌پذیر نیست دارند. تکنیک‌های متنوعی در مواجهه با مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره وجود دارد که تکنیک‌هایVIKOR و به ویژه DEMATEL و ANP از پرکاربردترین آن‌ها است. این روش‌ها، یک مساله‌ی پیچیده را به سلسله مراتبی از اجزاء تقسیم می‌کند که در آن گزینه‌های تصمیم در پایین‌ترین سطح و هدف اصلی در بالاترین سطح قرار دارد. سطوح میانی نیز مربوط به معیارهای اصلی و فرعی است. در تحقیقات متعددی از روش تصمیم‌گیری ترکیبی از DEMATEL ، ANP و VIKOR برای انتخاب گزینه‌ی مناسب در مسایل مختلف استفاده شده که در جدول ۲ به برخی از مهم‌ترین تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره شده است.

جدول ۱. مهم‌ترین سطح کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی

سطح کاربردها	مرجع
مکمل‌ها(A_1)	گارسیا و همکاران، ۲۰۱۰ [۷]؛ پری و یاکتین، ۲۰۰۹ [۱۸]؛ آکسفورد و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۹]؛مجله نانو بیو ریس، ۲۰۱۰[۲۰]؛موسوی و همکاران، ۱۳۸۸[۹].
بسته‌بندی (A_2)	اوزیمک و همکاران ، ۲۰۱۰[۵]؛ سکهون، ۲۰۱۰[۶]؛ گارسیا و همکاران ، ۲۰۱۰[۷]؛ چائو همکاران، ۲۰۱۰[۱۴]؛ جوزف و موریسون، ۲۰۰۶[۱۵]؛ پری و یاکتین، ۲۰۰۹[۱۸]؛ آکسفورد و همکاران، ۲۰۰۹[۱۹]؛ مجله نانو بیو ریس، ۲۰۱۰[۲۰]؛ موسوی و همکاران، ۱۳۸۸[۹].
پردازش (A_3)	سکهون، ۲۰۱۰[۶]؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۱۰[۷]؛ چائو و همکاران ، ۲۰۱۰[۱۴]؛ جوزف و

Archive of SID

www.SID.ir

سطح کاربردها	مرجع
	موریسون، ۲۰۰۶[۱۵]؛ پری و یاکتین، ۲۰۰۹[۱۸]؛ موسوی و همکاران، ۱۳۸۸[۹] .
ایمنی (A_4)	اوزیمک و همکاران ، ۲۰۱۰[۵]؛ گارسیا و همکاران ، ۲۰۱۰[۷]؛ چائو و همکاران ، ۲۰۱۰[۱۴]؛ جوزف و موریسون، ۲۰۰۶[۱۵]؛ والدز و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۶].
تولید (A_5)	اوزیمک و همکاران ، ۲۰۱۰[۵] ؛ سکهون، ۲۰۱۰[۶]؛ گارسیا و همکاران ، ۲۰۱۰[۷]؛ والدز و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۶]؛ آکسفورد و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۹]؛ مجله نانو بیو ریس، ۲۰۱۰[۲۰].
کنترل کیفیت و تست(A_6)	مجله نانو بیو ریس، ۲۰۱۰[۲۰]؛ گارسیا و همکاران ، ۲۰۱۰[۷]؛ والدز و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۶].
بهداشت(A_7)	گارسیا و همکاران ، ۲۰۱۰[۷]؛ والدز و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۶]؛ چائو و همکاران ، ۲۰۱۰[۱۴].
غذاهای جدید (A_8)	والدز و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۶]؛ مجله نانو بیو ریس، ۲۰۱۰[۲۰]؛ چائو و همکاران ، ۲۰۱۰[۱۴].
نانو مواد(A_9)	اوزیمک و همکاران ، ۲۰۱۰[۵]؛ والدز و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۶]؛ آکسفورد و همکاران ، ۲۰۰۹[۱۹].

جدول ۲. برخی از مهم‌ترین تحقیقات انجام شده با روش ترکیبی DEMATEL و ANP با VIKOR

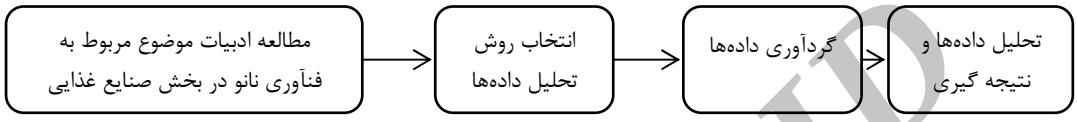
مساله و روش مورد مطالعه	مرجع
یک روش MCDM ترکیبی بر اساس DEMATEL فازی، ANP فازی و TOPSIS فازی برای ارزیابی تأمین کنندگان سبز	کوزکان و سیفسی، ۲۰۱۲[۲۱]
یک مدل MCDM جدید با ترکیب از DANP و VIKOR برای بهبود کسب و کار فروشگاه الکترونیکی	تزنگ و همکاران ، ۲۰۱۳[۲۲]
مدل VIKORبر اساس DEMATEL و ANP برای ارزیابی کنترل ریسک امنیت اطلاعات	یانگ و همکاران ،۲۰۱۱ [۲۳]
بازاریابی نام تجاری برای ایجاد ارزش نام تجاری بر اساس یک مدل MCDM ترکیب DEMATEL با روش ANP و VIKOR	تزنگ و وانگ ، ۲۰۱۲ [۲۴]
انتخاب بهترین فروشنده برای انجام مواد بازیافت شده بر اساس MCDM ترکیب DANP با VIKOR	وانگ و همکاران ، ۲۰۱۲ [۲۵]
مدیریت اعتبار آنلاین برای بهبود بازاریابی با استفاده از مدل MCDM	هسیه و همکاران ، ۲۰۱۲ [۲۶]
اندازه گیری و ارزیابی برنامه‌های محیط زیست حوضه‌های آبریز با استفاده از مدل MCDM جدید	تزنگ و همکاران ، ۲۰۱۰ [۲۷]
رویکرد کارت امتیاز متوازن برای بررسی ارزیابی عملکرد و مدل ارتباط برای هتل‌ها چشمه‌های آب گرم بر اساس مدل MCDM جدید با ترکیب DEMATEL و ANP	تزنگ و همکاران ، ۲۰۱۱ [۲۸]
استفاده از روش MCDM جدید بر اساس مدل سه عاملی فاما برای کاوش انتخاب سهام	چنگ و همکاران ، ۲۰۰۹ [۲۹]
مدل MCDM جدید برای ارزیابی محیط تالاب	تزنگ و همکاران ، ۲۰۰۹ [۳۰]
تکنیک DEMATEL ترکیب با یک مدل MCDM جدید برای کاوش در انتخاب پرتفوی بر اساس CAPM	تزنگ و همکاران ، ۲۰۱۱ [۳۱]
یک مدل ترکیبی MCDM جدید همراه با DEMATEL و ANP	یانگ و همکاران ، ۲۰۰۸ [۳۲]
یک تکنیک یکپارچه MCDM ترکیب با DEMATEL برای وزن دهی خوشه با روش ANP	یانگ و تزنگ، ۲۰۱۱ [۳۳]
تحقیقی بر ساختار سیستم کیفیت نوآورانه، مدلی برای فرآیند NPD و ترکیب DANP با مدل MCDM	تزنگ و همکاران ، ۲۰۱۲ [۳۴]
یکپارچگی مدل MCDM ، DEMATEL و ANP در انتخاب تامین‌کننده‌ی مواد غذایی	شن و لی یو ، ۲۰۱۲ [۳۵]
یک رویکرد MCDM فازی برای ایجاد یک مدل از عملکرد بالای تیم پروژه	چانگ و همکاران ، ۲۰۱۲ [۳۶]
ایجاد سیستم های ارزیابی هوشمند الهام گرفته شده برای مواد آموزشی	تزنگ و چن، ۲۰۱۱ [۳۷]
استفاده از روش فازی برای ترکیب استراتژی بهینه از فناوری نانو در صنعت تایوان	تزنگ و چیو، ۲۰۰۴ [۳۸]
ارزیابی B2B تجارت همراه در SMEs با استفاده از رویکرد MCDM	لو و همکاران ، ۲۰۱۳ [۳۹]
ارایه رویکرد ترکیبی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی برای اولویت‌بندی استراتژی‌های دستیابی به تولید در کلاس جهانی(مطالعه‌ی موردی: صنایع فولاد استان مازندران)	درگاهی و همکاران، ۱۳۹۰[۴۰]

Archive of SID

www.SID.ir

۳ روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف، از نوع کاربردی و در چارچوب تحقیقات توصیفی- پیمایشی و روش حل مسایل از نوع مدل‌سازی ریاضی و سلسله‌مراتبی تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی گروهی از نوع فازی است. جامعه‌ی خبرگان این تحقیق شامل استادان دانشگاه، متخصصین صنایع غذایی و سیاست گذاران است که درخصوص موضوع تحقیق اطلاعات لازم و کافی دارند و محقق به روش تصادفی نظرات آنان را دریافت کرده است. برای جمع‌آوری اطلاعات از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده. این تحقیق در چهار مرحله به انجام رسیده است که شکل ۱ شمای کلی این تحقیق را بهتر نشان می‌دهد.



شکل ۱. فرآیند تحقیق

بر اساس این فرآیند، هدف ارایه‌ی یک رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی فازی برای ارزیابی مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی با توجه به بیان مساله، شناسایی و انتخاب شده است. از این بابت و در پاسخ به سوال اول (مدل مناسب برای اولویت‌بندی مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی چیست؟) به مرور ادبیّات پرداختیم و لیستی از مهم‌ترین معیارهای مرتبط با موضوع را در مجلات و مقالات و سایت‌های معتبر شناسایی کردیم [۳۸، ۴۱، ۴۲]. سپس با توجه به تعداد زیاد معیارهای ارزیابی، آن‌ها را برای خلاصه و فشرده نمودن به تعداد ۲۰ نفر از خبرگان شامل استادان دانشگاه در حوزه‌ی فناوری نانو و صنایع غذایی که علم و تجربه‌ی کافی داشتند فرستادیم تا مقایسات آن ساده‌تر انجام شود. پس از ارزیابی اولیه‌ی پاسخ‌دهندگان، بر اساس وزن‌های کیفی پنج مقیاس فاصله‌ای لیکرت، در نهایت خوشه و معیارهایی که دارای وزن اعشاری و فازی نرمالیزه شده‌ی بالایی بود پس از غربال‌گری برای تهیه‌ی مدل سلسله مراتبی انتخاب شدند (شکل ۲). شایان ذکر است که روایی این سوالات از سوی استادان متخصص در این‌باره و توسط صاحب نظران مرتبط در این زمینه تأیید شد. برای تعیین پایایی آزمون نیز از روش ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که معادل ۸۲/۲٪ تعیین گردید. مدل مربوط پس از طی فرایند رفت و برگشتی میان خبرگان دانشگاهی و اجرایی، مورد ارزیابی و جرح وتعدیل قرار گرفت، در نهایت روایی مدل (روایی محتوایی) مورد تأیید همگان قرار گرفت و در این هنگام به سوال اول پاسخ داده شد. سپس پرسش‌نامه‌ی مقایسه‌ی زوجی فازی تعیین اهمیت خوشه و معیارها برای تجزیه و تحلیل روش MCDM طراحی و به ۱۰ نفر از خبرگان برای پاسخ تحویل داده شد که بر اساس نظریات علمی تئوری گراف از درخت پوششی انتخاب شده بودند و در یک محدوده زمانی معین تمامی پرسش نامه‌ها با پاسخ تعیین شده به تیم پژوهش عودت داده شد. انتخاب مهم‌ترین سطح از کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی، یکی از مسایل MCDM است که هر معیار ممکن است تأثیر درونی داشته باشد. تکنیک DEMATE که توسط فونتلا و گابوس ارایه شده است [۴۳] ساختار تأثیرات میان معیارها را بررسی نموده، سعی

Archive of SID
www.SID.ir

بر حل مساله و بهبود آن دارد. از این تکنیک در حل مسایل بسیار زیادی استفاده گردید که در جدول ۱ به برخی از آن اشاره شد. ANP توسط ساعتی ارایه گردید[۴۴] و هدف آن حل مسایل از وابستگی متقابل و بازخورد میان معیارها و گزینه‌ها بود. ترکیب DEMATEL و ANP می‌تواند مهم‌ترین معیارها را برای توسعه‌ی عملکرد انتخاب سطح کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی شناسایی کند. با این روش می‌توانیم فاصله‌ی هر معیار از حد ایده‌آل و رتبه‌ی اولین استراتژی برای پیاده‌سازی را بفهمیم، بنابراین روش VIKOR برای محاسبه‌ی رتبه‌بندی سازشی و فاصله از گزینه‌ها برای توسعه‌ی آن مناسب‌تر خواهد بود. به طور خلاصه، چارچوب ارزیابی در این پژوهش شامل سه مرحله است:

۱. ساخت نقشه‌ی روابط شبکه‌ی میان معیار توسط تکنیک DEMATEL.
۲. محاسبه‌ی وزن هر معیار با ترکیب ANP بر اساس DEMATEL (DANP).
۳. رتبه بندی و بهبود اولویت‌های گزینه‌های انتخاب فناوری نانو از طریق VIKOR.

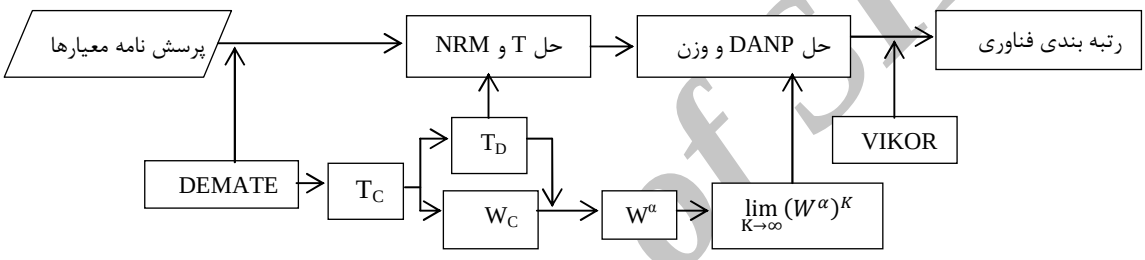
شکل ۲. ساختار سلسله مراتبی انتخاب مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی

Archive of SID
www.SID.ir

فرآینـد از ایـن روش MCDM ترکیبـی بـه طـور خلاصـه در شـکل ۳ نشـان داده شـده اسـت. مراحـل روش DEMATEL شامل گام‌های زیر است [۲۵]:

گام ۱: ایجاد ماتریس روابط مستقیم

در ابتدا نیازمند به سنجش روابط میان خوشه و معیارها بر اساس چهار سطح صفر (بدون تـأثیر)، یـک (تـأثیر کـم)، دو (تأثیر زیاد)، و سه (تأثیر خیلی زیاد) هستیم. در ادامه، خبرگان مجموعه‌ی مقایسات زوجی را بـه لحـاظ تـأثیر و جهت میان خوشه و معیارها انجام می‌دهند. سپس، در نتیجه‌ی این ارزیابی‌ها، داده‌های اولیه را مـی‌تـوان بـر اسـاس ماتریس روابط مستقیم، که یک ماتریس n×n از A است، تشکیل داد. در این ماتریس، a_{ij} تأثیر گذاری معیـار i بـر معیار j است.



شکل ۳. فرآیند حل مدل MCDM [۲۵]

گام ۲: نرمال سازی ماتریس روابط مستقیم

بر اساس ماتریس روابط مستقیم A، ماتریس نرمال شده‌ی روابط مستقیم X از طریق رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید:

$$X = K.A \qquad (۱)$$

$$K = \min\left\{\frac{۱}{\max_{۱\le i\le n}\sum_{j=۱}^{n} aij}, \frac{۱}{\max_{۱\le i\le n}\sum_{i=۱}^{n} aij}\right\} \qquad i, j = ۱, ۲\ldots, n. \qquad (۲)$$

گام ۳: محاسبه‌ی ماتریس روابط کلی

پس از دست یافتن به ماتریس نرمال شده‌ی X، ماتریس روابط کلی T را می‌توان با اسـتفاده از فرمـول ۳ بـه دسـت آورد، که در آن I علامت ماتریس واحد است.

$$T = X\,(I - X)^{-۱} \qquad (۳)$$

Archive of SID
www.SID.ir

مجموع ردیف‌ها و مجموع ستون‌ها به طور مجزا علامت بردار R و D است و از طریق فرمول‌های ۴ تا ۶ به دست می‌آید.

$$T = [t_{ij}]n \times n, \qquad i, j = ۱,۲,\ldots n, \tag{۴}$$

$$R = \left[\sum_{j=۱}^{n} t_{ij}\right] = [t_i]n \times ۱ \tag{۵}$$

$$D = \left[\sum_{i=۱}^{n} t_{ij}\right] = [t_j]۱ \times n \tag{۶}$$

بردار (R+D) که از اضافه کردن R به D حاصل می‌شود بیانگر میزان اهمّیت معیار است و (R-D) از کم کردن R از D حاصل می‌شود. ممکن است معیار را به دو گروه علت و معلول تقسیم کند. (R-D) مثبت تأثیر گذار بودن این عوامل و (R-D) منفی نشان دهنده‌ی تاثیر پذیری این عوامل از سایر عوامل است.

در این پژوهش، گام‌های ترکیب DEMATEL و ANP برای پیدا کردن ارزیابی وزن‌ها به صورت زیر است [۲۵، ۴۴]:

گام ۱: توسعه‌ی یک سوپر ماتریس غیر وزنی

در این گام ماتریس روابط کلی زیر معیارها را که از طریق DEMATEL به دست آمده است نرمالیزه می‌کنیم تا سوپر ماتریس غیر وزنی معیارها (T_c^{α}) تشکیل گردد. بدین منظور عناصر ستون‌ها را بر مجموع عناصر ستون مربوط به خوشه‌ی آن تقسیم می‌کنیم. از این ماتریس در تشکیل سوپر ماتریس برای نشان دادن ارتباط داخلی هر یک از سطوح استفاده می‌شود.

$$T_c^{\alpha} = \begin{bmatrix} T_c^{\alpha ۱۱} & \cdots & T_c^{\alpha ۱ j} & \cdots & T_c^{\alpha ۱ n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha i ۱} & \cdots & T_c^{\alpha ij} & \cdots & T_c^{\alpha i ۱} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha n ۱} & \cdots & T_c^{\alpha nj} & \cdots & T_c^{\alpha nn} \end{bmatrix} \tag{۷}$$

که در آن $T_c^{\alpha ۱۱}$ از طریق فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$d_{ci}^{۱۱} = \sum_{j=۱}^{m_۱} T_{cij}^{۱۱}, \qquad i = ۱, ۲ \ldots m_۱ \tag{۸}$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$T_c^{\alpha 11}=\begin{bmatrix} t_{c11}^{11}/d_{c1}^{11} & \cdots & t_{c1j}^{11}/d_{c1}^{11} & \cdots & t_{c1m_1}^{11}/d_{c1}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{ci1}^{11}/d_{ci}^{11} & \cdots & t_{c11}^{11}/d_{ci}^{11} & \cdots & t_{cim_1}^{11}/d_{ci}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{cm_11}^{11}/d_{cm_1}^{11} & \cdots & t_{cm_1j}^{11}/d_{cm_1}^{11} & \cdots & t_{cm_1m_1}^{11}/d_{cm_1}^{11} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} t_{c11}^{\alpha 11} & \cdots & t_{c1j}^{\alpha 11} & \cdots & t_{c1m_1}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{ci1}^{\alpha 11} & \cdots & t_{cij}^{\alpha 11} & \cdots & t_{cim_1}^{\alpha i1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{cm_11}^{\alpha 11} & \cdots & t_{cm_1j}^{\alpha 11} & \cdots & t_{cm_1m_1}^{\alpha 11} \end{bmatrix}$$

سپس سوپر ماتریس غیر موزون W^c به صورت زیر تشکیل می‌گردد:

$$W^c=\begin{bmatrix} W^{11} & \cdots & W^{i1} & \cdots & W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1j} & \cdots & W^{ij} & \cdots & W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1n} & \cdots & W^{in} & \cdots & W^{nn} \end{bmatrix} \quad (۹)$$

که درآن W^{11} از طریق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W^{11}=\begin{bmatrix} t_{c11}^{\alpha 11} & \cdots & t_{ci1}^{\alpha 11} & \cdots & t_{cm_11}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{c1j}^{\alpha 11} & \cdots & t_{cij}^{\alpha 11} & \cdots & t_{cm_1j}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{c1m_1}^{\alpha 11} & \cdots & t_{cim_1}^{\alpha i1} & \cdots & t_{cm_1m_1}^{\alpha 11} \end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

در ادامه، گام‌های قبلی را برای ماتریس روابط کلی خوشه نیز اجرا می‌کنیم تا سوپر ماتریس غیر وزنی خوشه (T_D^{α}) به صورت زیر تشکیل گردد:

$$T_D^{\alpha}=\begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} & \cdots & t_D^{\alpha 1j} & \cdots & t_D^{\alpha 1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha i1} & \cdots & t_D^{\alpha ij} & \cdots & t_D^{\alpha in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha n1} & \cdots & t_D^{\alpha nj} & \cdots & t_D^{\alpha nn} \end{bmatrix} \quad (۱۱)$$

گام ۲: تشکیل سوپر ماتریس موزون

وزن سوپر ماتریس (W^{α}) با ضرب ماتریس غیر وزنی خوشه (T_D^{α}) در معیار (T_c^{α}) از طریق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

Archive of SID

www.SID.ir

$$W^{\alpha} = T_D^{\alpha} \times W^{c} = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} \times W^{11} & \cdots & t_D^{\alpha i1} \times W^{1j} & \cdots & t_D^{\alpha n1} \times W^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1j} \times W^{i1} & \cdots & t_D^{\alpha ij} \times W^{ii} & \cdots & t_D^{\alpha nj} \times W^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1n} \times W^{n1} & \cdots & t_D^{\alpha in} \times W^{nj} & \cdots & t_D^{\alpha nn} \times W^{nn} \end{bmatrix} \quad (۱۲)$$

گام ۳: تشکیل سوپر ماتریس حددار

سوپر ماتریس موزون را از طریق رابطه‌ی $\lim_{K\to\infty}(W^{\alpha})^{K}$ همگرا کرده تا سوپر ماتریس حددار تشکیل گردد و در نهایت اوزان نهایی از طریق روش DANP مشخص شود. VIKOR یک روش MCDM توافقی و برای حل مسایل چندمعیاره‌ی گسسته با معیارهای متضاد و نامناسب است که آپریکوویچ و تزنگ آن را توسعه دادند که تشریح روش فوق به طور کامل در منبع آمده است [۴۶].

٤ تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این مطالعه، ساختار تصمیم‌گیری برای DEMATEL توسط خبرگان با ۵ خوشه و ۲۴ معیار تشکیل شد. نظرات خبرگان برای ارزیابی روابط درونی خوشه برای محاسبه‌ی DEMETEL از طریق مقایسات زوجی و تأثیر میان معیارها بر اساس گزینه‌های زبانی و اعداد مثبت فازی مثلثی به ترتیب جدول شماره‌ی ۳ مشخص شد.

جدول ۳. گزینه‌های زبانی و اعداد فازی مثلثی [۱۴]

گزینه‌های زبانی	اعداد قطعی	اعداد فازی مثلثی
تأثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷۵، ۱، ۱)
تأثیر زیاد	۳	(۰/۵، ۰/۷۵، ۱)
تأثیر کم	۲	(۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵)
تأثیر بسیار کم	۱	(۰، ۰/۲۵، ۰/۵)
بدون تأثیر	۰	(۰، ۰، ۰/۲۵)

سپس نظرات فازی هر کدام از ۱۰ خبره با استفاده از روش تبدیل داده‌های فازی به امتیازات قطعی (CFCS) [۴۷] غیر قطعی شده و در نهایت ارزش میانگین هندسی نظرات برای یکپارچه سازی کل داده‌های کارشناسان محاسبه و ماتریس روابط مستقیم(A) برای خوشه و معیارها تشکیل گردید. ماتریس نرمال شده‌ی روابط مستقیم X از طریق رابطه‌ی ۱ الی ۲ محاسبه شد. سپس با استفاده از رابطه ۳ ماتریس روابط کلی خوشه (T_D) و معیار (T_C) طبق جدول ۴ و ۵ استخراج شد و در ادامه با استفاده از رابطه‌ی ۶، NRM از تکنیک DEMATEL توسط D و R طبق ماتریس رابطه‌ی کلی T_D و T_C و جدول شماره‌ی ۴ و ۶ محاسبه و در شکل ۴ نشان داده شد. پس از تعیین ساختار رابطه از معیارها، روش DANP برای به دست آوردن وزن مؤثر معیارها به کار گرفته شد. همان طور که جدول ۶ نشان می‌دهد درجه‌ی نفوذ عوامل بر یک دیگر متفاوت است؛ بنابراین، استفاده از روش‌های سنّتی نرمال غیر

Archive of SID
www.SID.ir

منطقی است. در این تحقیق، ما برای حل این مشکل تکنیک DEMATEL را ترکیب کردیم. بدین گونه که ماتریس (T_C) نرمالیزه شد. در ابتدا، تأثیر رابطه‌ی میان معیار بر اساس NRM مقایسه شد. سپس روابط میان ساختار میزان اهمّیت معیارها از طریق انتقال ماتریس نرمالیزه شده‌ی T_c^{α} و سوپر ماتریس غیر وزنی W^c از طریق رابطه‌ی ۹ محاسبه و جدول شماره ۷ تشکیل گردید.

جدول ٤. ماتریس روابط کلی خوشه‌ها (T_D) و تأثیر گذاری و تأثیر پذیری آن

خوشه	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	R	R+D	R-D
D_1	۰/۱۳۲	۰/۴۵۱	۰/۴۱۵	۰/۳۲	۰/۲۹	۱/۷۸۸	۳/۶۹۳	−۰/۱۱۶
D_2	۰/۴۸۸	۰/۵۸۱	۰/۵۵۶	۰/۳۱۶	۰/۵۷۹	۲/۵۲۱	۴/۹۵۴	۰/۰۸۷
D_3	۰/۴۱۲	۰/۵۶۳	۰/۳۶۱	۰/۴۵۲	۰/۵۴۶	۲/۳۳۴	۴/۶۴	۰/۰۲۹
D_4	۰/۴۲	۰/۳۴۹	۰/۴۵۲	۰/۳۷۴	۰/۵۰۹	۲/۱۴۵	۴/۰۱۸	۰/۲۷۲
D_5	۰/۲۷۳	۰/۴۸۸	۰/۳۷۴	۰/۴۱۱	۰/۴۹۴	۲/۱۴۸	۴/۵۶۷	−۰/۲۷۲
D	۱/۹۰۵	۲/۴۳۴	۲/۳۰۵	۱/۸۷۳	۲/۴۱۹	–		

جدول ۵. ماتریس روابط کلی برای معیارها (T_C)

		D_1					D_5				
	معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	۰۰۰۰	C_{19}	C_{20}	C_{21}	C_{22}	C_{23}
D_1	C_1	۰/۲۷۵	۰/۲۳۵	۰/۲۱۴	۰/۲۳۸	۰۰۰۰	۰/۲۷۵	۰/۲۵۱	۰/۱۷۵	۰/۲	۰/۱۹۴
	C_2	۰/۲۸۹	۰/۲۶۴	۰/۲۲۶	۰/۲۲۵	۰۰۰۰	۰/۲۹۷	۰/۲۶۳	۰/۱۸۶	۰/۱۷۷	۰/۲۴۱
	C_3	۰/۲۷	۰/۲۶۴	۰/۲۳۴	۰/۲۳۱	۰۰۰۰	۰/۲۹۵	۰/۲۵۶	۰/۱۶۴	۰/۱۹۳	۰/۲۳۶
	C_4	۰/۲۷۱	۰/۲۵	۰/۲۳۷	۰/۲۳۱	۰۰۰۰	۰/۲۷۱	۰/۲۰۹	۰/۱۸۵	۰/۱۹۱	۰/۲۲۶
	C_5	۰/۲۷۳	۰/۲۳	۰/۲۱۹	۰/۲۳۱	۰۰۰۰	۰/۲۱۸	۰/۲۳۴	۰/۱۷۳	۰/۱۸۹	۰/۲۳۱
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	C_{18}	۰/۲۶	۰/۲۳۲	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰۰۰۰	۰/۲۷۲	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۱۹۹	۰/۲۱
D_5	C_{19}	۰/۲۶۳	۰/۲۳۱	۰/۱۸۵	۰/۲۰۷	۰۰۰۰	۰/۲۵۴	۰/۲۳۵	۰/۱۷۳	۰/۱۷۳	۰/۲۰۳
	C_{20}	۰/۳۰۲	۰/۲۶۷	۰/۲۳۴	۰/۲۱۷	۰۰۰۰	۰/۲۸۸	۰/۲۸۶	۰/۲۲۱	۰/۲۰۳	۰/۲۴۴
	C_{21}	۰/۳۲۱	۰/۲۹۹	۰/۲۱۴	۰/۲۶۸	۰۰۰۰	۰/۳۱۱	۰/۲۸۸	۰/۲۱۷	۰/۲۳۶	۰/۲۶۱
	C_{22}	۰/۲۸۳	۰/۲۱۴	۰/۲۱۵	۰/۲۲۱	۰۰۰۰	۰/۲۶۷	۰/۲۶۲	۰/۱۷۸	۰/۲۰۲	۰/۲۴۲
	C_{23}	۰/۲۴۵	۰/۲۵۴	۰/۲۳۸	۰/۲۵۳	۰۰۰۰	۰/۲۷۹	۰/۲۶۷	۰/۱۹۸	۰/۲۰۷	۰/۲۳۴

نکته: با توجه به بزرگی ماتریس(۲۳×۲۳) و حجم کم صفحه، ماتریس به طور فشرده نمایش داده می‌شود.

جدول ٦. ماتریس روابط کلی معیارها (T_C) و تأثیر گذاری و تأثیر پذیری آن

معیار		R	D	R+D	R-D
امکان سنجی فنی	C_1	۵/۳۹۷	۶/۴۹۹	۱۱/۸۹۶	− ۱/۱۰۲
اثربخشی سودمندی / هزینه	C_2	۵/۷	۵/۸۶۶	۱۱/۵۶۷	− ۰/۱۶۶
توانایی مدیریتی	C_3	۵/۵۷۲	۵/۱۷۱	۱۰/۷۴۲	۰/۴۰۱
پذیرش تکنولوژی جدید	C_4	۵/۳۰۵	۵/۴۶۶	۱۰/۷۷۱	− ۰/۱۶
حمایت مالی و مالیاتی	C_5	۵/۰۶	۴/۸۹۹	۹/۹۶	۰/۱۶۱
پشتیبانی تکنیک و آموزش	C_6	۵/۳۳۹	۵/۱۴۹	۱۰/۴۸۸	۰/۱۸۹
ارایه‌ی دانش	C_7	۵/۷۳۵	۵/۲۱۹	۱۰/۹۵۴	۰/۵۱۵
درجه‌ی حمایت از سیاست‌های داخلی صنعتی	C_8	۵/۸۶۷	۵/۵۲۵	۱۱/۳۹۲	۰/۳۴۱
کامل بودن قوانین مرتبط / صدور گواهینامه	C_9	۵/۵۴۹	۵/۷۹۵	۱۱/۳۴۴	− ۰/۲۴۶
مطابقت با سیاست‌های حفاظت از محیط	C_{10}	۵/۱۰۶	۶/۴۵۹	۱۱/۵۶۶	− ۱/۳۵۳
اثرات گروه‌های ذینفع	C_{11}	۵/۹۶۷	۴/۹۹۷	۱۰/۹۶۴	۰/۹۷

Archive of SID

www.SID.ir

معیار		R	D	R+D	R-D
بهبود کیفیت / حفاظت از مصرف کننده	C_{12}	۵/۸۸	۵/۲۹۷	۱۱/۱۷۷	۰/۵۸۳
نگهداری ازپایداری منابع و محیط زیست	C_{13}	۶/۰۴۲	۶/۳۸۳	۱۲/۴۲۵	-۰ /۳۴۲
اندازه‌ی بازار جهانی	C_{14}	۵/۷۶۵	۵/۸۱۴	۱۱/۵۷۹	- ۰/۰۴۹
بلوغ بازار / پذیرش	C_{15}	۵/۷۴۷	۵/۷۰۱	۱۱/۴۴۸	۰/۰۴۶
درجه‌ی رقابت در بازار	C_{16}	۶/۰۸۳	۵/۷۶۵	۱۱/۸۴۸	۰/۳۱۸
تأمین مواد خام بالا دست	C_{17}	۵/۵۶۵	۵/۶۸۸	۱۱/۲۵۳	- ۰/۱۲۴
عرضه‌ی داخلی از نیروی انسانی متخصص	C_{18}	۵/۰۳۷	۶/۳۵۶	۱۱/۳۹۳	- ۱/۳۱۸
قابلیت نوآوری / R&D داخلی	C_{19}	۴/۹۰۱	۶/۵۱۱	۱۱/۴۱۲	۱/۶۱ -(تأثیر پذیر ترین معیار)
قابلیت کانال بازاریابی	C_{20}	۵/۹۷	۵/۹۲۷	۱۱/۸۹۷	۰/۰۴۳
قابلیت تولید جهانی	C_{21}	۶/۲۴۲	۴/۴۳۳	۱۰/۶۷۵	۱/۸۰۸(تأثیر گذار ترین معیار)
قابلیت تولید داخلی	C_{22}	۵/۵۱۵	۴/۶۹۴	۱۰/۲۰۸	۰/۸۲
رقابت هزینه‌ی تولید داخلی	C_{23}	۵/۷۰۳	۵/۴۳۳	۱۱/۱۳۶	۰/۲۶۹

جدول ۷. سوپر ماتریس غیر موزون W^c

	D_1					D_5				
معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	۰۰۰۰۰	C_{19}	C_{20}	C_{21}	C_{22}	C_{23}
C_1	۰/۲۸۶	۰/۲۸۸	۰/۲۷۶	۰/۲۷	۰۰۰۰۰	۰/۲۹۷	۰/۳	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۵
C_2	۰/۲۴۴	۰/۲۶۳	۰/۲۵۱	۰/۲۵	۰۰۰۰۰	۰/۲۶۱	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۶
C_3	۰/۲۲۳	۰/۲۲۵	۰/۲۳۸	۰/۲۴	۰۰۰۰۰	۰/۲۰۹	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۲۴
C_4	۰/۲۴۷	۰/۲۲۴	۰/۲۳۶	۰/۲۳	۰۰۰۰۰	۰/۲۳۴	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۶
C_5	۰/۱۶۲	۰/۱۵۹	۰/۱۵۱	۰/۱۴	۰۰۰۰۰	۰/۱۳۱	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C_{18}	۰/۲۵۱	۰/۲۵۵	۰/۲۵۸	۰/۲۵	۰۰۰۰۰	۰/۲	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۱۹	۰/۲۲
C_{19}	۰/۲۲۹	۰/۲۲۶	۰/۲۲۴	۰/۱۹۳	۰۰۰۰۰	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۳۲	۰/۲۳۵
C_{20}	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۴۳	۰/۱۷۱	۰۰۰۰۰	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۲۷	۰/۲۲۵
C_{21}	۰/۱۸۳	۰/۱۵۲	۰/۱۶۸	۰/۱۷۶	۰۰۰۰۰	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۵۵	۰/۱۶۷
C_{22}	۰/۱۷۷	۰/۲۰۷	۰/۲۰۶	۰/۲۰۹	۰۰۰۰۰	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵
C_{23}	۰/۲۵۱	۰/۲۵۵	۰/۲۵۸	۰/۲۵	۰۰۰۰۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲۱	۰/۱۹۸

نکته: با توجه به بزرگی ماتریس(۲۳×۲۳) و حجم کم صفحه، ماتریس به طور فشرده نمایش داده می‌شود.

با توجه به میزان تأثیر خوشه‌های مختلف، سوپر ماتریس وزنی از طریق رابطه‌ی ۱۲ محاسبه و جدول شماره ۸ تشکیل گردید. در پایان، سوپر ماتریس حدی در توان ۳ همگرا شد و وزن کلی همه معیارها و رتبهٔ آن‌ها طبق جدول ۱۰ به دست آمد و به سوال دوم تحقیق پاسخ داده شد. سپس، با استفاده از روش VIKOR، ارزش عملکرد را برای هر یک از فناوری نانو در بخش صنایع غذایی محاسبه و بهترین فناوری نانو انتخاب شد. ۹ سطح از کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی ایران شناسایی گردید. با توجه به ۵ خوشه و ۲۳ معیار، عملکرد هر سطح از فناوری با توجه به نظرات ۶ کارشناس در صنعت غذایی و فناوری نانو بررسی شد. برای ارزیابی و رتبه بندی فناوری‌ها از واژه‌های زبانی فازی طبق جدول ۹ استفاده گردید. سپس ماتریس مقایسات زوجی با روش CFCS قطعی نموده و برای یکی نمودن نظرات متمایز کارشناسان از روش میانگین هندسی استفاده شد. در ادامه، با استفاده از روش VIKOR، عملکرد و فاصله‌ی از سطح ایده‌آل از معیارهای فناوری نانو برای هر سطح از کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی طبق جدول ۱۰ به‌دست آمد.

Archive of SID

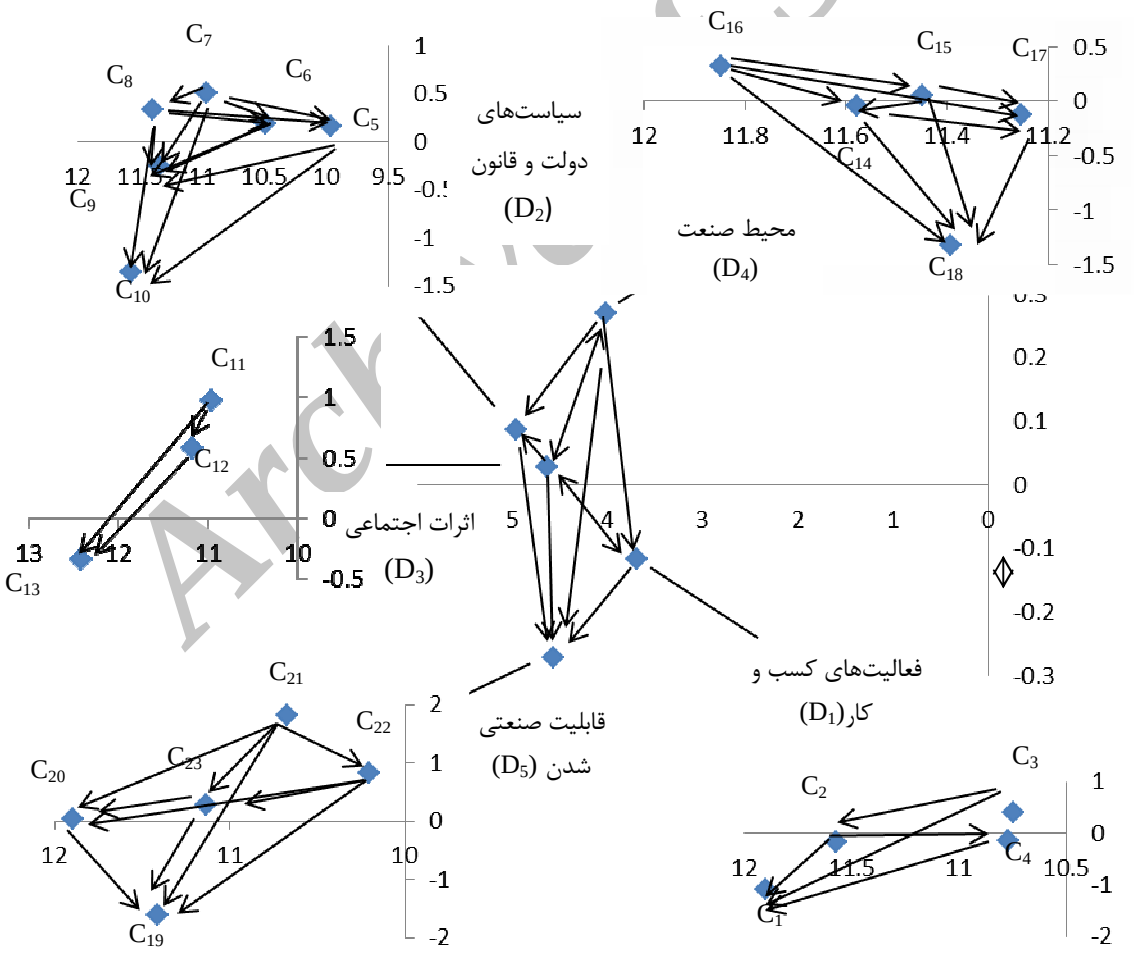
www.SID.ir

جدول ۸. سوپر ماتریس موزون $\mathbf{W}^{\alpha}$ بر اساس نرمالیزه ماتریس روابط کلی

	D_1					D_5				
معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	۰۰۰۰۰	C_{19}	C_{20}	C_{21}	C_{22}	C_{23}
C_1	۰/۰۴۹۹	۰/۰۵۰۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰۰۰۰۰	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۷۱	۰/۰۳۹	۰/۰۳۲
C_2	۰/۰۴۲۶	۰/۰۴۵۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰۰۰۰۰	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۴۵	۰/۰۲۹	۰/۰۳۳
C_3	۰/۰۳۸۸	۰/۰۳۹۲	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲	۰۰۰۰۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۹	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۹	۰/۰۳۱
C_4	۰/۰۴۳۱	۰/۰۳۹۱	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰۰۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲۷	۰/۰۳۱	۰/۰۳	۰/۰۳۳
C_5	۰/۰۴۰۱	۰/۰۳۸	۰/۰۳۶	۰/۰۳۵۵	۰۰۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C_{18}	۰/۰۳۸۲	۰/۰۳۹۳	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰۰۰۰۰	۰/۰۳۹	۰/۰۴	۰/۰۴۱۷	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲
C_{19}	۰/۰۴۰۸	۰/۰۴۱۴	۰/۰۴۲	۰/۰۴۱	۰۰۰۰۰	۰/۰۵۶	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴۶	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴
C_{20}	۰/۰۳۷۲	۰/۰۳۶۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۱	۰۰۰۰۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۳	۰/۰۵۰۵	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲
C_{21}	/۰۲۵۹	۰/۰۲۶	۰/۰۲۳	۰/۰۲۸	۰۰۰۰۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۱	۰/۰۳۸	۰/۰۳۶	۰/۰۳۸
C_{22}	۰/۰۲۹۶	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۷	۰/۰۲۹	۰۰۰۰۰	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۱۵	۰/۰۴	۰/۰۴
C_{23}	۰/۰۲۸۷	۰/۰۳۳۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳۴	۰۰۰۰۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵۷	۰/۰۴۸	۰/۰۴۶
	۱	۱	۱	۱	۰۰۰۰	۱	۱	۱	۱	۱

نکته: $\mathbf{W}^{\alpha} = \mathbf{T}_{\mathbf{D}}^{\alpha} \times \mathbf{W}$

نکته: با توجه به بزرگی ماتریس(۲۳×۲۳) و حجم کم صفحه، ماتریس به طور فشرده نمایش داده شد.



شکل ٤. تأثیرات نقشه‌ی NRM از روابط میان خوشه و معیار

www.SID.ir

جدول ۹. واژه‌های زبانی برای رتبه بندی فازی [۴۷]

خیلی خوب	خوب	تقریباً خوب	متوسط	نسبتاً ضعیف	ضعیف	خیلی ضعیف
(۱۰، ۱۰، ۹)	(۱۰، ۹، ۷)	(۹، ۷، ۵)	(۷، ۵، ۳)	(۵، ۳، ۱)	(۳، ۱، ۰)	(۱، ۰، ۰)

جدول شماره‌ی ۱۱ نیز ، رتبه بندی گزینه‌ها را بر اساس مقادیرS، R و Q و ضریب ویکور (V= ۰/۵) ارایه می‌کند. در پاسخ به سؤال سوم، نتایج این جدول نشان می‌دهد که بالاترین اولویت توسط VIKOR، انتخاب فناوری نانو بسته‌بندی و کنترل کیفیت و تست در بخش صنایع غذایی در راستای دستیابی به توسعه در سطح کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی است.

جدول ۱۰. وزن معیارها و فاصله‌ی سطح ایده آل از گزینه

معیار	وزن جهانی با روش DANP	فاصله از سطح ایده آل (r_{kj})								
		فناوری (A_1)	فناوری (A_2)	فناوری (A_3)	فناوری (A_4)	فناوری (A_5)	فناوری (A_6)	فناوری (A_7)	فناوری (A_8)	فناوری (A_9)
C_1	(۵) ۰/۰۴۹	۰/۶۵۱	۰/۰۴۴	۰	۰/۹۴۳	۰/۵۳۵	۰/۰۴۴	۰/۱۶۸	۱	۰/۷۸۸
C_2	(۸) ۰/۰۴۴۱	۰/۸۰۳	۰/۱۳۹	۰/۹۲۲	۰/۸۰۳	۰	۰/۷۷۳	۱	۰/۸۰۳	۰/۹۶۵
C_3	(۱۱) ۰/۰۳۹۱	۰/۹۵۳	۰/۹۵۳	۰/۴۱۵	۰/۴۱۵	۰/۱۴۶	۰	۱	۱	۰/۷۰۷
C_4	(۱۰) ۰/۰۴۱۲	۰/۶۵۷	۰/۳۱۴	۰/۴۶۵	۰/۶۵۷	۰	۰/۵۳۴	۰/۶۵۷	۱	۱
C_5	(۲۳) ۰/۰۳۳۲	۰/۹۴۵	۰/۳۲۲	۰/۳۲۲	۱	۰/۰۱۱	۰	۱	۱	۰/۶۶۱
C_6	(۱۸) ۰/۰۳۴۷	۰/۹۱۹	۰/۵	۰/۳۶۹	۱	۰	۰/۰۷۱	۰/۵	۰/۵	۰
C_7	(۱۷) ۰/۰۳۵۴	۰/۷۰۷	۰/۱۴۶	۰/۴۹	۰/۷۰۷	۰	۰/۴۳۶	۱	۰/۴۱۵	۰/۷۰۷
C_8	(۱۴) ۰/۰۳۷۴	۰/۹۴۵	۰/۰۶۹	۰/۳۱۴	۱	۰	۰/۱۶۳	۱	۱	۰/۶۵۷
C_9	(۱۲) ۰/۰۳۹۱	۰/۶۵۷	۰/۰۶۹	۰/۳۱۴	۰	۱	۰/۳۱۴	۰/۶۵۷	۰/۶۵۷	۰/۳۱۴
C_{10}	(۹) ۰/۰۴۳۵	۰/۹۵۳	۰	۰/۵۴۴	۱	۰/۴۱۵	۰/۸۲۳	۱	۱	۱
C_{11}	(۳) ۰/۰۶۳۲	۰/۹۱۹	۰	۱	۱	۰/۵	۰/۵	۱	۱	۱
C_{12}	(۲) ۰/۰۶۷۲	۰/۹۵۳	۰	۰/۷۰۷	۰/۷۰۷	۱	۰/۱۱۸	۱	۱	۱
C_{13}	(۱) ۰/۰۸۰۷	۰/۹۵۳	۰	۰/۵۴۴	۰/۷۰۷	۰/۷۰۷	۰/۵۰۱	۰/۱۴۶	۰/۴۱۵	۱
C_{14}	(۱۹) ۰/۰۳۴	۰/۹۱۹	۰/۵	۰/۵	۱	۰	۰/۴۱۳	۰/۵	۱	۱
C_{15}	(۲۱) ۰/۰۳۳۵	۰/۵	۰	۰/۵۰۳	۱	۰	۰	۱	۰/۵	۰/۵
C_{16}	(۲۰) ۰/۰۳۳۸	۰/۸۸۳	۰	۰/۷۴	۱	۰/۳۱۴	۰/۲۲۴	۱	۰/۶۵۷	۱
C_{17}	(۲۲) ۰/۰۳۳	۰/۷۰۷	۰	۰/۵۷۴	۱	۰/۱۴۶	۰/۵۰۱	۱	۰/۴۱۵	۱
C_{18}	(۱۵) ۰/۰۳۷۱	۰/۸۸۳	۰/۹۴۵	۰/۶۵۷	۰/۳۱۴	۰	۰/۳۱۴	۱	۱	۱
C_{19}	(۴) ۰/۰۵۳	۰/۸۷۴	۰	۰/۶۵۷	۰/۶۵۷	۰	۰/۶۵۷	۱	۱	۱
C_{20}	(۶) ۰/۰۴۸۴	۰/۹۸۶	۰	۰/۶۵۷	۱	۰	۰/۲۵۷	۱	۱	۱
C_{21}	(۱۶) ۰/۰۳۶۳	۰/۶۵۷	۰	۰/۲۲۴	۱	۰	۰/۴۱۵	۰/۶۵۷	۰/۶۵۷	۰/۶۵۷
C_{22}	(۱۳) ۰/۰۳۸۵	۰/۶۵۷	۰/۳۱۴	۰/۶۵۹	۱	۰	۰/۵۰۱	۱	۰/۶۵۷	۰/۶۵۷
C_{23}	(۷) ۰/۰۴۴۵	۰/۷۰۷	۰	۰/۵۱۵	۰/۶۶۶	۰/۳۳۲	۰/۳۲۷	۱	۰/۳۳۲	۱
S_j	مجموع فاصله	۰/۸۲۸	۰/۱۶۱	۰/۵۴۵	۰/۸	۰/۲۷۶	۰/۳۵۶	۰/۸۱۶	۰/۷۸۹	۰/۸۳۸
R_j	حداکثر فاصله	۰/۰۷۷	۰/۰۳۵	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۷	۰/۰۴	۰/۰۶۷	۰/۰۶۷	۰/۰۸۱

نکته: اعداد داخل ( ) نشان دهنده‌ی اولویت وزن کلی در خوشه و معیار است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱. رتبه‌بندی گزینه‌ها

	فناوری (A_1)	فناوری (A_2)	فناوری (A_3)	فناوری (A_4)	فناوری (A_5)	فناوری (A_6)	فناوری (A_7)	فناوری (A_8)	فناوری (A_9)
مقدارS	۰/۸۲۸	۰/۱۶۱	۰/۵۴۵	۰/۸	۰/۲۷۶	۰/۳۵۶	۰/۸۱۶	۰/۷۸۹	۰/۸۳۵
مقدار R	۰/۰۷۷	۰/۰۳۵	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۷	۰/۰۴	۰/۰۶۷	۰/۰۶۷	۰/۰۸۱
مقدارQ	۰/۹۵۱	۰	۰/۵۹۱	۰/۷۸	۰/۴۳۶	۰/۰.۲۰۳	۰/۸۳۵	۰/۸۱۵	۱
اولویت	(۸)	(۱)	(۴)	(۵)	(۳)	(۲)	(۶)	(۷)	(۹)

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش، ما یک نظام تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی فازی در زمینه‌ی فناوری نانو در بخش صنایع غذایی ارایه کردیم که از آن همه‌ی گروه‌ها از جمله مراکز سیاست گذاری، قانون گذاری، علمی، مدیریتی، فنی و اقتصادی فعال و هدفمند می‌توانند استفاده کنند. تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه سه نتیجه داد که می‌توانیم به سوالات تحقیق پاسخ دهیم که به شرح زیر است:

سؤال دوم : اثرات عوامل بر یکدیگر با رویکرد ترکیبی ANP بر اساس DEMATEL (DANP) چگونه است؟

با توجه به حل مدل DEMATEL و نقشه‌ی روابط مؤثر شبکه (INRM) قابل درک است که ۵ خوشه چگونه یکدیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. برطبق شکل شماره‌ی ۴، خوشه‌ی محیط صنعت (D_4) بر خوشه‌ی سیاست‌های دولت و قوانین (D_2)، اثرات اقتصادی – اجتماعی (D_3)، فعالیت‌های کسب و کار (D_1) و قابلیت صنعتی شدن (D_5) تأثیر می‌گذارد و از خوشه‌ی اثرات اجتماعی تأثیر می‌پذیرد.

خوشه‌ی سیاست‌های دولت و قوانین(D_2) بر خوشه‌ی فعالیت‌های کسب و کار(D_1) و قابلیت صنعتی شدن(D_5) تأثیر می‌گذارد و از خوشه‌ی اثرات اقتصادی- اجتماعی(D_3) تأثیر می‌پذیرد.

خوشه‌ی اثرات اقتصادی – اجتماعی (D_3) بر خوشه‌ی فعالیت‌های کسب و کار(D_1) و قابلیت صنعتی شدن (D_5)تأثیر می‌گذارد و از خوشه‌ی فعالیت‌های کسب و کار(D_1) تأثیر می‌پذیرد.

خوشه‌ی فعالیت‌های کسب و کار (D_1) بر قابلیت صنعتی شدن (D_5) تأثیر می‌گذارد. فهم تأثیرات این روابط به تصمیم‌گیری مدیران کمک خواهد کرد. بر اساس شکل ۴ تصمیم‌گیرندگان، اول باید خوشه‌ی محیط صنعت(D_4) را برای ورود به عرصه‌ی استفاده از فناوری نانو در صنایع غذایی با سایر خوشه‌ها بهبود دهند. دولت می‌تواند با استفاده از سیاست‌ها و ابزارهای تشویقی، محیط صنعت را برای فعالیت کارآفرینان تکنولوژیک مهیا کند. هم‌چنین می‌تواند از طریق سیاست‌های تشویقی سرمایه‌گذاران را تشویق به تأمین مالی طرح‌های ریسک‌پذیر نماید. برای قابلیت صنعتی شدن فناوری نانو، به محیط صنعت باید توجه خاص شود. خوشه‌ای که برای توسعه‌ی صنعت فناوری نانو در بخش صنایع غذایی نیاز به بهبود دارد به ترتیب عبارت است از: ۱. محیط صنعت (D_4) ۲. سیاست‌های دولت و قوانین (D_2) ۳. اثرات اقتصادی-اجتماعی (D_3) ۴. فعالیت‌های کسب و کار

Archive of SID

www.SID.ir

(D_1) ۵. قابلیت صنعتی شدن (D_5). این اطلاعات می‌تواند تصمیم گیرندگان را در توسعه‌ی استراتژی آینده‌ی فناوری نانو در بخش صنایع غذایی راهنمایی کند.

سؤال دوم: وزن هر عامل بر اساس رویکرد ترکیبی ANP بر اساس DEMATEL (DANP) چقدر است؟

نتایج دوم، وزن‌های مؤثر DANP در پاسخ به سوال دوم است. همان طور که در جدول ۹ دیده می‌شود، مهم‌ترین معیار محاسبه شده توسط DANP برای تصمیم‌گیری در انتخاب فناوری نانو در بخش صنایع غذایی، پایداری منابع و محیط زیست (C_{13}) و بهبود کیفیت/حفاظت از مصرف کننده (C_{12}) بود که بیش‌ترین وزن (۰/۰۸۰۷) و (۰/۰۶۷۲) را در تمام معیارها داشت. به علاوه عامل تأمین مواد خام بالا دست(C_{17}) به عنوان کم اهمّیت‌ترین عامل (۰/۰۳۳) در بین مجموعه‌ی عوامل در انتخاب کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی معرفی گردید. بنابراین فناوری نانو در بخش صنایع غذایی باید این امکان را ایجاد کند تا مواد جدیدی تولید شود که بتواند اثرات مثبتی روی محیط زیست داشته باشد؛ اما نباید ریسک‌ها و خطرات احتمالی که ممکن است بر محیط زیست داشته باشد نادیده گرفته شود. هم‌چنین باید فناوری‌ای انتخاب گردد که باعث بهبود کیفیت غذا و سلامتی بیشتر مصرف‌کنندگان گردد.

سؤال سوم: مناسب‌ترین سطح کاربرد فناوری نانو برای رسیدن به سطح تولید محصولات نانو غذا بر اساس روش VIKOR کدام است؟

اولویت‌بندی توسط VIKOR نتیجه‌ی نهایی این پژوهش و در پاسخ به سوال سوم است. این اولویت‌بندی نشان داد که بهترین هدف برای سرمایه گذاری در فناوری نانو صنعت غذایی را صنعت "بسته‌بندی" و "کنترل کیفیت" دارد. انتخاب این فناوری توسط معیارها در شرایط حاضر منطقی است چرا که کاربرد فناوری نانو در" بسته‌بندی"، محصول را از صدمات فیزیکی و آلودگی، حفظ می‌کند و باعث افزایش عمر مفید و بهداشت بهتر به خاطر کیفیت ضد میکروبی و افزایش زمان ماندگاری محصولات در بسته‌بندی نانویی می‌شود.

طبق جدول ۱۰ مجموع فاصله فناوری بسته‌بندی نانویی از سطح ایده آل ۰/۱۶۱ است. برای به حداقل رساندن فاصله از سطح ایده آل، ما می‌توانیم پیشنهاداتی را طبق بیش‌ترین فاصله از سطح ایده آل ارایه دهیم و به هدف شماره‌ی ۲ و ۳ تحقیق نایل گردیم.

در حقیقت معیارهای ضعیف شناسایی و ترتیب اولویت‌بندی برای بهبود و توسعه‌ی سطح کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی به صورت جدول ۱۲ است.

اما با وجود یکسان بودن بعضی از فاصله‌ها، اولویت بهبود معیارها بر اساس اهمّیت وزنی کلی آن‌ها (DANP) مرتب شده است. نتیجه‌ی تحقیق ما با نتایج مطالعات دیگر، یکی و ادبیّات تحقیق نیز از نتایج این پژوهش حمایت می‌کند [۵، ۶، ۴۹،۵۰]. چون با توجه به رشد بازار جهانی و افزایش بسته‌بندی مواد غذایی، بسته‌بندی پلاستیکی بخش قابل توجهی از صنعت بسته‌بندی را پوشش می‌دهد به طوری که بیش‌ترین مصارف نفت خام را بعد از بخش‌های انرژی و حمل و نقل دارد و این امر باعث افزایش استفاده از منابع فسیلی و به تبع آن موجب تخریب محیط زیست خواهد شد که نقش فناوری نانو در این دوره می‌تواند به طور چشم گیری هزینه‌ها و انرژی مدیریت بازیافت ضایعات را کاهش دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۲: اولویت‌بندی معیارها برای رشد و توسعه‌ی سطح کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی ایران

رتبه بندی فناوری نانو	استراتژی ها
بسته‌بندی (۱)	ترتیب اولویت معیار برای بهبود شامل: توانایی مدیریتی، عرضه‌ی نیروی انسانی متخصص، پشتیبانی تکنیک و آموزش، اندازه‌ی بازار جهانی، حمایت مالی و مالیاتی، قابلیت تولید داخلی، پذیرش تکنولوژی جدید، ارایه‌ی دانش، اثربخشی سودمندی/هزینه، کامل بودن قوانین مرتبط/صدور گواهینامه، درجه‌ی حمایت از سیاست داخلی صنعت، امکان سنجی فنی، نگهداری از پایداری منابع و محیط زیست، بهبود کیفیت/حفاظت از مصرف کننده، اثرات گروه‌های ذینفع، قابلیت نوآوری/R&D داخلی، قابلیت کانال بازاریابی، رقابت هزینه‌ی تولید داخلی، مطابقت با سیاست‌های حفاظت از محیط زیست، قابلیت تولید جهانی، درجه‌ی رقابت در بازار، بلوغ بازار/پذیرش، تأمین مواد خام بالا دست.
کنترل کیفیت و تست (۲)	ترتیب اولویت معیار برای بهبود شامل: مطابقت با سیاست‌های حفاظت از محیط زیست، اثربخشی سودمندی/هزینه، قابلیت نوآوری/R&D داخلی، پذیرش تکنولوژی جدید، قابلیت تولید داخلی، نگهداری از پایداری منابع و محیط زیست، تأمین مواد خام بالا دست، اثرات گروه‌های ذینفع، ارایه‌ی دانش، رقابت هزینه‌ی تولید داخلی، اندازه‌ی بازار جهانی، کامل بودن قوانین مرتبط/صدور گواهینامه، عرضه‌ی نیروی انسانی متخصص، قابلیت کانال بازاریابی، درجه‌ی رقابت در بازار، درجه‌ی حمایت از سیاست داخلی صنعت، بهبود کیفیت/حفاظت از مصرف کننده، پشتیبانی تکنیک و آموزش، امکان سنجی فنی، قابلیت تولید جهانی، توانایی مدیریتی، بلوغ بازار/پذیرش، حمایت مالی و مالیاتی.

این اطلاعات می‌تواند به تصمیم گیرندگان کمک کند تا با زاویه‌ی دیگری در مورد بهبود اولویت‌ها در توسعه‌ی سطح کاربردهای فناوری نانو در بخش صنایع غذایی فکر کنند و هم‌چنین نتایج به دست آمده از مدل ترکیبی جدید MCDM می‌تواند برای برنامه ریزی استراتژیک و تجزیه و تحلیل استفاده شود. در حقیقت با این تحقیق، فرصت‌های سرمایه گذاری بر روی سطح کاربردهای فناوری نانو را می‌شناسیم. در این مطالعه ما در سطح کاربردهای فناوری نانو اقدام به اولویت‌بندی نمودیم؛ اما هر یک از این کاربردها به ترتیب نیاز به ابزارهایی دارد و این ابزارها نیز خود محتاج به فناوری‌های پایه‌ای است که در تحقیق بعدی می‌توان به اولویت دار کردن این فناوری‌ها و هم چنین می‌توان به ریسک‌های مربوط به سرمایه گذاری بر اساس نتیجه این تحقیق پرداخت.

منابع

[۲] افشاری، ح.، (۱۳۸۵) چالش‌های سرمایه گذاری در فناوری نانو. دبیرخانه‌ی ستاد ویژه‌ی توسعه فناوری نانو.

[۴] افشاری، ح.، ابراهیمی حسینی‌زاده، ب.، (۱۳۸۶). فناوری نانو و صنایع غذایی. دبیرخانه‌ی ستاد ویژه‌ی توسعه فناوری نانو.

[۸] خدایاری، م.، (۱۳۸۹). بسته‌بندی‌های خوراکی برای مواد غذایی. ماهنامه‌ی فناوری نانو، ۹ (۱۰).

[۴۰] درگاهی، همکاران.، (۱۳۹۰). ارایه‌ی رویکرد ترکیبی از تکنیک های چند معیاره فازی به منظور اولویت‌بندی استراتژی های دستیابی به تولید در کلاس جهانی(مطالعه‌ی موردی: صنایع فولاد استان مازندران. مجله‌ی تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، ۹ (۲)، لاهیجان.

[۹] موسوی، ر.، همکاران(۱۳۸۸). فناوری نانو و صنایع غذایی. ماهنامه‌ی فناوری نانو، ۸ (۳)، ۲۱-۲۵.

[1] Martin, O., Voulvoulis, N., (2009). Nanotechnology and the food sector: The UV and CO^2 mediated impacts of nano iron on early life stages of the edible mussel Nanoforum.

[3] Chaudhry, Q., Scotter, M., Ross, B., (2010). Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. Food Additives and Contaminants, 320.

[5] Ozimek, L., Pospiech, E., Narine, S., (2010). NANOTECHNOLOGIES IN FOOD AND MEAT PROCESSING. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 9(4), 401-412.

Archive of SID

www.SID.ir

[6] Sekhon, B. S., (2010). Food nanotechnology – an overview. Nanotechnology, Science and Applications, 5 MAY.
[7] García, M., Forbe, T., Gonzalez, E., (2010). Potential applications of nanotechnology in the agro-food sector. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2061.
[10] Chaudhry, Q., Watkins, R., Castle, L., (2010). Nanotechnologies in the Food Arena: New opportunities".new questions, new concerns, 1–17.
[11] Frewer, L., Norde, W., Fischer, A., (2011). Nanotechnology in the Agri-Food Secto"r. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1–2.
[12] Moraru, C. I., Huang, Q Takhistov, P., (2003). Nanotechnology: a new frontier in food science. Food Technol, 57(12), 24–29.
[13] Greiner, R., Rubner, M., (2010). Application of Nanotechnologies in the Food Sector. Max Rubner Conference 2010. October 10.
[14] Chau, C. F., Wu, Sh. H., Yen, G. Ch., (2007). The development of regulations for food nanotechnology. Trends in Food Science & Technology, 18, 269-280.
[15] Joseph, T., Morrison, M., (2006). Nanotechnology in Agriculture and Food. Nanoforum, MAY.
[16] Valdés, M. G., González, A. C. V., Calzón, J. A. G., (2009). Analytical nanotechnology for food analysis. Microchim Acta, 166, 1–19.
[17] Möller, M., Eberle, U., Moch, K., (2009). Nanotechnology in the Food Sector STUDY. 1. Zürich. Vdf Hochschulverlag an der ETH.
[18] Pray, L., Yaktine, A., (2009). Nanotechnology in Food Products: Workshop Summary". 1. National Academy of Sciences. Washington.
[19] Axford, S., Wadge, A., Roberts, J., (2009). Nanotechnologies and Food. 1. London. House of Lords.
[20] NanoBio-RAISE, (2010). Nanotechnology and food. www.nanobio-raise.org.
[21] Kozkan, G., Cifci, G., (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers", Expert Systems with Applications 39, 3000–3011, 28.
[22] Tzeng, G. H., Chiu, W. Y., Li, H. L., (2013). A new hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR to improve e-store business. Knowledge-Based Systems, 37, 48–61.
[23] Yang, Y. P., Shieh, H. M., Yang, Y. P. O., (2011). A VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment. Information Sciences.
[24] Tzeng, G. H., Wang, Y. L., (2012). Brand marketing for creating brand value based on a MCDM model combining DEMATEL with ANP and VIKOR methods. Expert Systems with Applications, 39, 5600–5615.
[25] Wang, F. K., Hsu, C. H., Tzeng, G. H., (2012). The best vendor selection for conducting the recycled material based on a hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR. Resources, Conservation and Recycling, 66, 95– 111.
[26] Hsieh, J. C., Tzeng, G. H., Tsuei, H. J., (2012). Online reputation management for improving marketing by using a hybrid MCDM model. Knowledge-Based Systems, 35, 87–93.
[27] Tzeng, G. H., Chen, Y. C., Lien, H. P., (2010). Measures and evaluation for environment watershed plans using a novel hybrid MCDM model. Expert Systems with Applications, 37, 926–938.
[28] Tzeng, G. H., Chen, F. H., Hsu, T. S., (2011). A balanced scorecard approach to establish a performance evaluation and relationship model for hot spring hotels based on a hybrid MCDM model combining DEMATEL and ANP. International Journal of Hospitality Management.
[29] Cheng, C. H., Tzeng, G. H., Lee, W. S., (2009). Using novel MCDM Methods Based on Fama-French three-factor model for probing the stock selection. APIEMS, Dec. 14-16.
[30] Tzeng, G. H., Yang, L. S., Lien, H. P., (2009). A novel hybrid MCDM model for evaluating wetland environments. The international journal of management science, 26, 185-199.
[31] Tzeng, G. H., Tsai, C. L., Fang, S. K., (2011). Combined DEMATEL technique with a novel MCDM model for exploringportfolio selection based on CAPM. Expert Systems with Applications, 38, 16–25.
[32] Yang, Y. P., Tzeng, G. H., Shieh, H. M., (2008). A Novel Hybrid MCDM Model Combined with DEMATEL and ANP with Applications. International Journal of Operations Research, 5(3), 160-168.
[33] Yang, J., Tzeng, G. H., (2011). An integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method. Expert Systems with Applications.

Archive of SID

www.SID.ir

[34] Tzeng, G. H., Kuan, M. J., Hsiang, C. C., (2012). Probing the innovative quality system structure model for npd process based on combining danp with mcdm model. International journal of innovative computing, information and control, 8, 5745- 5762.
[35] Shen, J. L., Liu, Y. M., (2012). Integrated multi-criteria decision-making (MCDM) method combined with decision making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) and analytic network process (ANP) in food supplier selection. African Journal of Business Management, Vol. 6(12), 4595-4602.
[36] Chang, Y. F., Watada, J. Ishii, H. (2012). A fuzzy mcdm approach to building a model of high performance project team: a case study. International Journal of InnovativeComputing, Information and Control, V8, 7393-7404.
[37] Tzeng, G. H., Chen, C. H., (2011). Creating the aspired intelligent assessment systems for teaching materials. Expert Systems with Applications, 38, 12168–12179.
[38] Tzeng, G. H., Chiou, H. K., (2004). Fuzzy c-means clustering for the optimal strategy combination of nanotechnologyindustry in Taiwan. The international journal of management science, 43, 344-362.
[39] Lu, M. T., Tzeng, G. H., Hu, S. K., (2013). Evaluating business-to-business m-commerce in smes by using mcdm approach. Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process.
[41] Chang, Y. N., Huanga, C. Y., Sunb, J. C. L., (2005). Choosing Promising Agbio Industry Areas by Using Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Model. ISAHP, Honolulu, Hawaii, July 8-10.
[42] Tzeng, G. H., Chioua, H. K., Cheng, D. Ch., (2005). Evaluating sustainable _shing development strategies using fuzzy MCDM approach. The international journal of management science, 33, 223-234.
[43] Gabus, A., Fontela, E., (1972). World Problems an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL. Switzerland Geneva: Battelle Geneva Research Centre.
[44] Saaty, T. L., (1999). Fundamentals of the analytic network process. In: Proceedings of the 5th international symposium on the analytic hierarchy process.
[45] Tzeng, G. H., Huang, J. J., (2011). Multiple Attribute Decision Making Methods and appli cations.1. New York. Taylor & Francis Group, LLC.
[46] Opricovic, S., Tzeng, G. H., (2007). Extended VIKOR method in Compromise with outranking method. European Journal of Operational Research, 178, 178-514.
[47] Opricovic, S., Tzeng, G. H., (2003).Defuzzification within a multicriteria decision model. International journal of uncertainty, 11, 635- 652.
[48] Liang, G. S., Kuo, M. S., (2011). Combining VIKOR with GRA techniques to evaluate service quality of airports under fuzzy environment. Expert Systems with Applications, 38(3).
[49] Scrinis, G., Lyons, K., (2007). The emerging nano-corporate paradigm: nanotechnology and the transformation of nature, food and agri-food systems. International Journal of Sociology of Food and Agriculture, 15(2).
[50] Ying, P. H. L., Jasimah, C. W., (2010). Application of Nanotechnology in Food industry. 8 international conference. University of Malaya. Kuala Lumpur. 1-3 November.

Archive of SID

www.SID.ir