ارائه یک مدل تصمیم‌گیری برون سپاری فعالیت‌های تولیدی به کمک تکنیک‌های ANP و DEMATEL در محیط فازی

عیسی نخعی کمال‌آبادی[1]، محمد رضا باقری[2*]

چکیده

تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری فعالیت‌های تولیدی، یک مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) است که نیازمند در نظر گرفتن تعداد زیادی از عوامل کمی و کیفی به عنوان معیارهای ارزیابی می‌باشد. یک روش MCDM مناسب بایستی بتواند روابط متقابل میان معیارها را مد نظر قرار دهد. فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) روشی نسبتاً جدید در حوزه MCDM است که می تواند به طور سیستماتیک با روابط متقابل برخورد کند. تکنیک DEMATEL نیز علاوه بر تبدیل روابط علت و معلول میان معیارها به یک مدل ساختاری مشهود، می تواند وابستگی‌های داخلی درون مجموعه‌ای از معیارها را مشخص نماید. البته هم روش ANP و هم تکنیک DEMATEL قادر به رفع ابهام و عدم قطعیت از ارزیابی‌های کلامی صورت گرفته توسط تصمیم گیرندگان نیستند. از این رو در این تحقیق، یک مدل جدید و مؤثر مبتنی بر تلفیق روش‌های fuzzy ANP و fuzzy DEMATEL جهت تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری فعالیت‌های تولیدی در شرایط عدم قطعیت ارائه گردیده است. به علاوه، مواردی عملی از کاربردی بودن این مدل، شرح داده شده است.

واژگان کلیدی: برون سپاری، درون سپاری، عدد فازی مثلثی، fuzzy ANP، fuzzy DEMATEL

۱. مقدمه

امروزه پیچیدگی فضای کسب و کار، افزایش رقابت میان تولید کنندگان، محدودیت منابع و بسیاری عوامل دیگر، سبب شده که سازمان‌های تولیدی به سمت به کارگیری فرآیندها و تصمیمات بهینه در حرکت باشند تا از این رهگذر، امکان بقای بالنده سازمان را تضمین نمایند. از دوران انقلاب صنعتی تا ابتدای دهه ۱۹۸۰، راهبرد تولید کنندگان مبتنی بر پی-ریزی فرآیندها و نیازمندی‌های تولید کلیه محصولات و یا سفارش‌های دریافتی، در داخل سازمان و با تکیه بر امکانات و کارکنان موجود بود؛ لیکن به واسطه رویارویی با مشکلات بسیاری، سمت و سوی حرکت

۱- استادیار بخش مهندسی صنایع دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس nakhai_isa@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد bagheri1384@yahoo.com
*- نویسنده مسؤول

سازمان‌ها طی دهه‌های اخیر در جهت تخصصی شدن فعالیت‌ها، تقسیم وظایف و برنامه‌ریزی هوشمندانه‌تر امور سوق پیدا کرده است تا از این راه، با تقویت شایستگی‌های محوری، امکان دستیابی به مزیت رقابتی در بازارهای هدف را فراهم آورند.

بدیهی است که تخصصی شدن و در نتیجه محدود کردن حیطه فعالیت‌ها، در صورتی مقدور خواهد بود که بخشی از وظایف به خارج از سیستم، برون سپاری گردد. در واقع، برون سپاری عبارت است؛ از واگذاری بخشی از فعالیت‌های محوری یا غیر محوری سازمان که بر اساس فرایند تصمیم‌گیری و مبتنی بر مزایای سازمان به وقوع می‌پیوندد؛ لذا نتایج تصمیمات اخذ شده در قالب انجام بخشی از امور توسط درون سپاری و اجرای بخشی دیگر از طریق برون سپاری محقق خواهد شد که این مهم، به کاهش نرخ یکپارچه سازی عمودی سیستم منجر می شود. اصولاً برون سپاری با هدف کاهش هزینه های تولید، دسترسی به مهارت و دانش فنی برتر، بهره گیری مطلوب‌تر از زمآن‌های در دسترس و منابع محدود سازمان، جلوگیری از پراکندگی فعالیت‌ها و درنهایت گسترش بی رویه سازمان و هزینه‌های مربوط صورت می‌پذیرد.

تصمیم‌گیری در زمینه روش و میزان واگذاری امور به غیر که به عنوان اصلی ترین بحث برون سپاری مطرح است، ارتباط مستقیمی با انواع تکنیک‌های تصمیم‌گیری و تحلیل‌های فنی و اقتصادی داشته و نتایج این تحلیل‌ها تعیین کننده‌ی رفتار آتی سیستم خواهد بود. در این زمینه از دهه ۹۰ میلادی تا کنون، مدل‌ها و چهارچوب‌های متعددی در باب تصمیم‌گیری برون سپاری یا درون سپاری که بیشتر به نام مسأله تحلیل ساخت یا خرید[3] معروف است، ارائه شده که هر کدام دارای نقاط قوت و ضعف خاص خود نیز بوده‌اند. اینک به مرور مدل‌هایی می‌پردازیم که به منظور حل مسأله تصمیم‌گیری برون سپاری یا درون سپاری ایجاد شده‌اند [۱].

پرابرت [۲] یک متدولوژی استراتژیک ساخت یا خرید یازده مرحله‌ای را ارائه داد که مبتنی بر تحلیل جنبه‌های مختلف فناوریهای تولیدی بود. مک آیور و همکارانش [۳] با تأکید بر ایجاد رابطه شراکتی با تأمین کننده منتخب به ارائه چهارچوبی مفهومی در مورد ساخت یا خرید اقلام استراتژیک پرداختند.

یکی از کاربردهای این چهار چوب در سازمان‌هایی است که باید توجه استراتژیک بیشتری را صرف تصمیم‌گیری ساخت یا خرید نمایند. پادیلو و دایبی [۴] برای اولین بار با نگاهی چند معیاره به این مسأله پرداختند. آن‌ها یک متدولوژی تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره هفت مرحله‌ای برای ارزیابی استراتژی‌های ساخت یا خرید ارائه نمودند. این شیوه دارای مدلی مقایسه‌ای است که چهار زیر را هم زمان به پیش می‌برد: ۱- هدف بیشینه سازی عملکرد استراتژیک رقابتی، ۲- بیشینه سازی عملکرد مدیریتی، ۳- کمینه سازی ریسک منبع یابی و ۴- بیشینه سازی عملکرد مالی را هم‌زمان در این مدل از روش‌های مختلفی همچون برنامه‌ریزی مرکب و AHP نیز استفاده شده است. لانس دل [۵] چهارچوبی مفهومی جهت مدیریت مؤثر ریسک برون سپاری با تأکید بر مد نظر قرار دادن مزیتهای رقابتی سازمان ارائه نمود. کُمان و رُنن [۶] مدلی ارائه دادند که حالتی را بررسی می‌نماید که تقاضای بازار از ظرفیت تولید شرکت فراتر می‌رود و مدیریت باید تصمیم بگیرد که چه مقدار از هر محصول را تولید و چه مقدار را از پیمانکاران بیرونی بخرد. آن‌ها مسأله برون سپاری را بر مبنای پارامترهای مالی و ظرفیتی به صورت مسأله برنامه ریزی خطی درآوردند. والس پیر و کلین هنس [۷] با توجه به معیارهای تصمیم‌گیری ساخت یا خرید، مجموعه‌ای از قوانین (اگر- آنگاه) را استخراج نمودند که با استفاده از عبارات کلامی می‌توان به طور

3. Make or buy

سیستماتیک تصمیم لازم را گرفت. آکتان و همکارانش [۸] یک مدل مالی برای ارزیابی ارزش گزینه های برون سپاری ارائه نمودند. در واقع این مدل، چهارچوبی کلی برای ارزیابی هزینه کل مورد انتظار برون سپاری از یک شبکه تأمین کنندگان در زمانی‌که خرید شرکت با نرخ مبادله نامعین مواجه است ایجاد می‌کند. برای این منظور از روش شبیه سازی مونت کارلو استفاده شده است. تیلز و دراری [۹] یک مدل پشتیبانی از تصمیم‌گیری ساخت یا خرید با تکیه بر بررسی استراتژیک بودن اقلام و هزینه سرمایه گذاری ارائه نمودند. مام و والبی [۱۰] چهارچوبی سیستماتیک جهت برون سپاری استراتژیک ایجاد کردند. این چهارچوب، با کمک ابزارهای مدیریت داخلی و ابزارهای بازاریابی خارجی، شش مرحله کلی برون سپاری را به برنامه‌ریزی استراتژیک سازمان پیوند می‌دهد و به تعیین وابستگی‌های متقابل میان کارکردی فرآیند برون سپاری کمک می‌کند. هامفریز و همکارانش [۱۱] از سیستم‌های خبره مبتنی بر دانش (KBS) برای طراحی مدل ارزیابی تصمیمات ساخت یا خرید استفاده نمودند. این مدل متشکل از پنج مرحله اصلی می‌باشد:

۱) شناسایی و وزندهی معیارهای عملکردی، ۲)تحلیل قابلیت‌های فنی، ۳) مقایسه قابلیت‌های داخلی و بیرونی، ۴)تحلیل قابلیت‌های سازمانی تأمین کننده، و ۵)تحلیل هزینه کل مالکیت.

KBS این پنج مرحله را بهم پیوند داده است. واتر و پیت [۱۲] یک مدل تصمیم‌گیری برون سپاری ارائه دارند که تمرکز استراتژیک بیشتری داشته و دارای ساختاری است که استفاده از تکنیک AHP را به منظور کاهش پیچیدگی فرآیند تصمیم‌گیری، ممکن می‌سازد.

یک بررسی جامع روی مقالات ارائه شده در این زمینه نشان دهنده این مطلب است که با گذشت زمان، محققین به این نتیجه رسیده‌اند که معیار هزینه به تنهایی برای تصمیم‌گیری برون سپاری یا درون سپاری کافی نیست و معیارهای دیگری نیز باید در این مسأله تصمیم‌گیری مد نظر قرار گیرند. با این حال، توسعه یک رویکرد جامع و سیستماتیک جدید برای تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری، می‌تواند در کاهش مخاطرات این تصمیم‌گیری بسیار مؤثر باشد.

در این مقاله با ارائه یک مدل تلفیقی جدید تصمیم‌گیری چند معیاره، اقدام به تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری فعالیت‌های تولیدی در شرایط عدم قطعیت بر اساس معیارهای کمی و کیفی متعدد نموده ایم. این مدل که مبتنی بر تلفیق دو روش ANP و DEMATEL در محیط فازی است می‌تواند علاوه بر رفع ابهام و عدم قطعیت از ارزیابیهای کلامی تصمیم‌گیرندگان، یکی از مشکلات و محدودیتهای روش ANP یعنی بررسی تعداد زیادی از مقایسه‌های زوجی برای به دست آوردن ضریب اهمیّت معیارهایی که به یکدیگر وابستگی داخلی دارند را از بین ببرد.

مقاله حاضر در ۷ بخش تنظیم شده است. در بخش ۲ مبانی نظری برون سپاری، و در بخش ۳ مبانی نظریه مجموعه های فازی تشریح می‌گردد. در بخش ۴، یک روش ANP فازی، و در بخش ۵ یک تکنیک DEMATEL فازی معرفی می‌شود. در بخش ۶، مراحل اجرایی مدل جدید، ارائه می‌شود. در بخش ۷، مدل ارائه شده، به منظور تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری چند پروژه تولیدی واقعی به کار گرفته می‌شود. در بخش پایانی نتایج حاصل از مدل مطرح می‌گردد.

۲. برون سپاری

در این بخش به کلیات و مبانی نظری برون سپاری می‌پردازیم.

۱،۲. تعریف برون سپاری

واژه برون سپاری مخفف عبارت "به‌کارگیری منبع بیرونی"[4] می باشد. معنای هر بخش این عبارت به شرح ذیل است:

4. outside resource using

بیرونی[5] به معنای ایجاد ارزش در خارج از شرکت خود است. در واقع outside، مرز شرکت را مورد توجه قرار می دهد. ایده سازمان بدون مرز، همانا ادغام شرکای بیرونی به منظور ایجاد و افزودن ارزش به مشتریان نهایی است.

از دید منبع[6]، شرکت به عنوان مجموعه منحصر به فردی از منابع و دانش در نظر گرفته می شود. بدون کسب این منابع از طریق محیط، شرکت قادر به زنده ماندن و رقابت کردن نیست. این وظیفه مدیریت تأمین است که بازارهای منبع یابی را به منظور کسب مزیت‌های رقابتی، تحلیل نماید. تنها اطلاع از منابع بیرونی، کافی نیست، از آن‌ها باید به منظور تقویت موقعیت شرکت در عرصه رقابت، استفاده[7] نمود. مدیریت زنجیره تأمین روشی است که شرکت‌ها را قادر می سازد تا از چنین منابعی بهره‌برداری کنند [۱۳].

کلمه برون سپاری را در بسیاری از موارد، مترادف با تصمیم‌گیری برای "ارجاع به خارج"[8] به کار می‌برند. عباراتی از قبیل "ساخت یا خرید"، "ادغام و تجزیه فعالیت‌ها"[9] همگی اشاره به برون سپاری دارند[۱۴].

۲،۲. مزایا و منافع برون سپاری

رشد سریع برون سپاری نشان دهنده‌ی این مطلب است که هم مؤسسات دولتی و هم مؤسسات خصوصی، انتظار دارند منافعی از طریق برون سپاری به دست آورند. به عنوان مثال، همه سازمان‌ها انتظار صرفه جویی در هزینه را دارند. این امر غیر ممکن است که همه مزایای امکان پذیر حاصل از برون سپاری را نام برد اما بسیاری از این مزایا به حدی عمومیت دارند که در تمام سازمان‌ها حاصل می گردند [۱۵].

به اجمال مزایای حاصل از برون سپاری در جدول ۱ ارائه شده است [۱].

جدول ۱- مزایای مورد انتظار از برون سپاری

مزیت مورد انتظار	شماره مراجع
صرفه جویی در هزینه	[۱۶]، [۱۷]، [۱۸]، [۱۹]، [۲۰]، [۲۱]، [۲۲]، [۲۳]
کاهش مخارج سرمایه گذاری	[۱۷]، [۲۰]
تزریق نقدینگی	[۱۲]، [۲۱]
تبدیل هزینه های ثابت به هزینه های متغیر	[۱۶]
بهبود کیفیت	[۱۷]، [۲۱]
افزایش سرعت	[۲۱]
انعطاف پذیری بیشتر	[۱۶]، [۱۷]، [۲۰]، [۲۱]، [۲۲]
دسترسی به آخرین فناوری و زیرساخت	[۱۳]، [۱۴]
دسترسی به مهارتها و استعدادها	[۱۷]، [۲۰]، [۲۱]، [۲۳]
افزایش فعالیت‌های ستادی	[۱۷]، [۲۱]، [۱۴]
افزایش تمرکز روی کارکردهای محوری	[۱۶]، [۱۷]، [۱۸]، [۲۰]، [۲۱]، [۲۳]
واگذاری کارکردهای مسأله دار	[۲۱]، [۲۳]
کپی برداری از رقبا	[۱۵]
کاهش فشارهای سیاسی	[۱۵]
آزادسازی منابع	[۱۷]، [۲۱]، [۲۳]
پاسخگویی و مدیریت بهتر	[۲۱]
شفافیت مالی	[۱۶]، [۲۱]، [۲۳]
تسهیم ریسک	[۲۰]، [۲۳]

۳،۲. معایب و مخاطرات برون سپاری

تحقیقات نشان می دهد که در مورد مزایای برون سپاری تا حدی بزرگنمایی شده است. درحالی که تصدیق می شود که تمام ریسک‌های بالقوه برون سپاری لزوماً شناخته شده نیستند [۱۵]. برخی از ریسک‌های شناخته شده در جدول ۲ ذکر شده اند [۱].

جدول ۲- ریسکهای بالقوه برون سپاری

ریسک بالقوه	شماره مراجع
صرفه جوییهای محقق نشده یا هزینه های پنهان	[۲۰]، [۲۱]، [۲۲]، [۲۳]، [۲۴]
کاهش انعطاف پذیری	[۲۱]، [۲۲]، [۲۳]، [۲۵]
قرارداد یا انتخاب تأمین کننده ضعیف	[۱۷]، [۲۵]
از دست دادن دانش، اطلاعات، مهارتها و یا دشواری در حصول مجدد کارکرد	[۱۹]، [۲۱]، [۲۳]، [۲۴]، [۲۵]
از دست دادن کنترل، شایستگی محوری	[۱۶]، [۱۷]، [۲۰]، [۲۱]، [۲۲]، [۲۳]، [۲۵]
وابستگی به تأمین کننده	[۱۷]، [۱۹]، [۲۳]، [۲۴]، [۲۵]
ریسک تأمین کننده (عملکرد ضعیف یا روابط بد، رفتار فرصت طلبانه، عدم درک صحیح کسب و کار، عدم دسترسی به مهارت یا فناوری بهتر)	[۲۲]، [۲۳]، [۲۴]، [۲۵]
از دست دادن مشتریان، فرصتها یا اعتبار	[۲۱]
عدم اطمینان، تغییر محیط	[۲۱]، [۲۲]
روحیه پایین، پیامدهای مرتبط با کارکنان	[۲۰]، [۲۱]، [۲۴]، [۲۵]
تضاد منافع	[۱۵]
پیامدهای امنیتی	[۱۹]، [۲۰]، [۲۴]

5. outside
6. resource
7. used
8. externalisation
9. integration/disintegration activities

۴،۲. انواع (سطوح) مختلف برون سپاری

با بررسی مقالات موجود در می یابیم که برون سپاری را می توان در دو جنبه مختلف دسته بندی نمود:

۱- از لحاظ وسعت برون سپاری

۲- از لحاظ سطح تصمیم‌گیری

از لحاظ وسعت، برون سپاری به دو نوع برون سپاری جزئی[10] و برون سپاری کامل[11] تقسیم می شود.

برون سپاری جزئی: به معنای واگذاری حداقل بخشی از فعالیت‌های یکی از کارکردهای سازمان به یک تأمین کننده بیرونی است. (مثل برون سپاری فعالیت برنامه نویسی کارکرد سیستم‌های اطلاعاتی) [۲۳].

برون سپاری کامل: به معنای واگذاری تمام فعالیت‌های یکی از کارکردهای سازمان به یک تأمین کننده بیرونی است. (مثل برون سپاری تمام فعالیت‌های کارکرد سیستم‌های اطلاعاتی) [۲۳].

از لحاظ سطح تصمیم‌گیری، برون سپاری به دو نوع برون سپاری تاکتیکی و برون سپاری استراتژیک تقسیم می گردد.

برون سپاری تاکتیکی: در این نوع برون سپاری، تصمیم‌گیری به سادگی بر مبنای هزینه و بدون در نظر گرفتن مزایا و مخاطرات تصمیم، صورت می گیرد [۱۴] و در سطح عملیاتی تمرکز دارد [۲۶].

برون سپاری استراتژیک: در این نوع برون سپاری، علاوه بر علل هزینه ای، جنبه های دیگری نیز در نظر گرفته می شود. این جنبه ها شامل تحقق عملیات‌هایی با کیفیت بهبود یافته، دسترسی به منابع و قابلیت‌ها برای انجام فعالیت‌ها و یا به منظور دستیابی به ظرفیتها و دانش می‌گردد [۱۴]. دلیل اصلی آن، ایجاد ارزش، تکوین ظرفیتها و مدیریت عدم قطعیت می باشد [۲۶].

برون سپاری تاکتیکی در اصل، انجام همان کارها، اما بهتر، سریعتر و ارزانتر است، حال آنکه برون سپاری استراتژیک، کمک به ایجاد یک مدل تجاری جدید و رویکرد مدیریتی جدید می‌باشد. درحالی‌که برون سپاری تاکتیکی بر پایه ثبات بلند مدت قرار دارد، برون سپاری استراتژیک مبتنی بر تغییر مستمر کل شرکا می‌باشد [۲۶].

۳. نظریه مجموعه های فازی

در دنیای واقعی، بسیاری از تصمیمات در بر گیرنده عدم صراحت در اهداف، محدودیت‌ها و اعمال ممکن است که صراحتاً معرفی نمی‌شوند [۲۷]. ریشه های این عدم صراحت عبارتند از: اطلاعات غیر قابل اندازه گیری، اطلاعات ناقص، و اطلاعات غیر قابل دستیابی [۲۸]. برای حل این مسأله، نظریه مجموعه های فازی اولین بار توسط زاده [۲۹] به عنوان یک روش ریاضی جهت برخورد با ابهام در تصمیم‌گیری ارائه گردید. نظریه فازی در جایی‌که تصمیم‌گیری ها با عبارات مبهم و دو پهلوی انسانی سرو کار دارد، بسیار پر کاربرد و مفید می‌باشد. تصمیم گیرندگان به ارزیابی بر طبق تجربیات و دانش گذشته شان تمایل دارند و اکثر برآوردهایشان بر حسب عبارات کلامی دو پهلو بیان می‌گردد. به منظور یکپارچه سازی تجربیات، عقاید و ایده‌های تصمیم گیرندگان، بهتر است که برآورد کلامی به اعداد فازی تبدیل شود. بنابراین مسائل تصمیم‌گیری در دنیای واقعی، نیاز به منطق فازی را مطرح نموده است [۳۰]. تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری نیز از این قاعده مستثنی نیست.

در ادامه این بخش، تعدادی از تعاریف پایه نظریه مجموعه های فازی، اعداد فازی[12] و متغیرهای کلامی[13] به اختصار بیان می گردد.

تعریف ۳-۱- مجموعه فازی $\tilde{A}$، زیر مجموعه ای از مرجع X است که توسط تابع عضویت $\mu_{\tilde{A}}(x)$ مشخص می‌شود و به هر عضو x در X، یک عدد حقیقی در

10. partial outsourcing
11. full-scale or complete outsourcing
12. fuzzy numbers
13. linguistic variables

فاصله [0,1] نسبت می‌دهد. مقدار تابع $\mu_{\tilde{A}}(x)$، درجه عضویت x در $\tilde{A}$ نامیده می شود [۳۰].

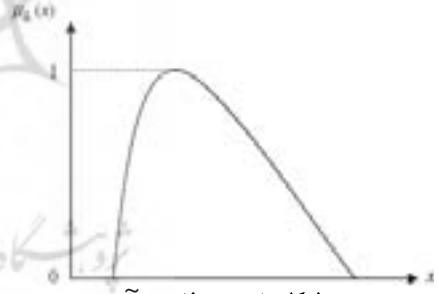
تعریف ۳-۲- مجموعه فازی $\tilde{A}$ در مجموعه مرجع X یک مجموعه محدب است به شرط آنکه

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1+(1-\lambda)x_2)\geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x_1),\mu_{\tilde{A}}(x_2))$$

به ازای هر x_1,x_2 در X و هر $\lambda\in[0,1]$، که در آن min نشان دهنده عملگر حداقل است [۳۱].

تعریف ۳-۳- ارتفاع یک مجموعه فازی، بیشترین درجه عضویتی است که توسط هر عضو آن مجموعه به دست می آید. مجموعه فازی $\tilde{A}$ در مجموعه مرجع X زمانی نرمال شده نامیده می شود که ارتفاع $\tilde{A}$ مساوی با یک باشد [۳۱].

تعریف ۳-۴- عدد فازی، زیر مجموعه ای فازی در مجموعه مرجع X است که هم محدب و هم نرمال می باشد. شکل زیر عدد فازی $\tilde{n}$ از مجموعه مرجع X را نشان می دهد که با این تعریف مطابقت دارد [۳۰].



شکل ۱- عدد فازی $\tilde{n}$

تعریف ۳-۵- α-برش[14] عدد فازی $\tilde{n}$ به صورت زیر تعریف می شود:

$$\tilde{n}^{\alpha}=\{x_i:\mu_{\tilde{n}}(x_i)\geq\alpha,x_i\in X\}$$

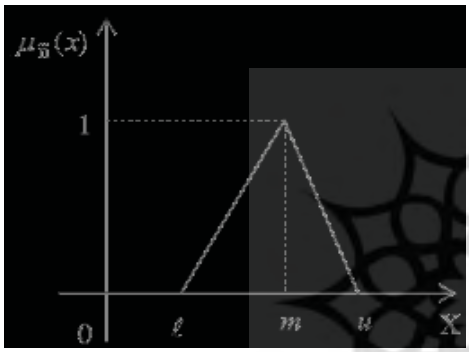
که در آن $\alpha\in[0,1]$.

علامت $\tilde{n}^{\alpha}$ بازه بسته غیر تهی از X را نشان می دهد که به صورت $\tilde{n}^{\alpha}=\lfloor n_1^{\alpha},n_u^{\alpha}\rfloor$ بیان می شود. n_1^{α} و n_u^{α} به ترتیب حدهای پایین و بالای بازه بسته هستند. برای عدد فازی $\tilde{n}$ اگر $n_u^{\alpha}\leq 1, n_1^{\alpha}>0$ به ازای هر $\alpha\in[0,1]$ باشد، آنگاه $\tilde{n}$ عدد فازی مثبت استاندارد (نرمال) شده نامیده می شود [۳۰]، [۳۲].

تعریف ۳-۶- عدد فازی مثلثی[15] $\tilde{n}$ می تواند به صورت سه تایی (ℓ,m,u) تعریف شود. تابع عضویت $\mu_{\tilde{n}}(x)$ نیز به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mu_{\tilde{n}}(x)=\begin{cases}0, & x<\ell\\ (x-\ell)/(m-\ell), & \ell\leq x\leq m\\ (u-x)/(u-m), & m\leq x\leq u\\ 0, & x>u,\end{cases}$$

که در آن ℓ، m و u اعداد حقیقی هستند و $\ell\leq m\leq u$. به شکل زیر نگاه کنید.



شکل ۲- عدد فازی مثلثی $\tilde{n}$

قضیه ۳-۱- فرض کنید $\tilde{n}=(\ell,m,u)$ یک عدد فازی مثلثی و $k>0$ یک عدد قطعی[16] باشد، آنگاه

$$k\times\tilde{n}=(k\ell,km,ku) \qquad (۱)$$

قضیه ۳-۲- فرض کنید $\tilde{n}_1=(\ell_1,m_1,u_1)$ و $\tilde{n}_2=(\ell_2,m_2,u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند. حاصل عملیات جمع $\tilde{n}_1$ و $\tilde{n}_2$ که به صورت $\tilde{n}_1\oplus\tilde{n}_2$ نشان داده می شود، یک عدد فازی مثلثی دیگر است.

$$\tilde{n}_1\oplus\tilde{n}_2=(\ell_1+\ell_2,m_1+m_2,u_1+u_2) \qquad (۲)$$

قضیه ۳-۳- فرض کنید $\tilde{n}_1=(\ell_1,m_1,u_1)$ و $\tilde{n}_2=(\ell_2,m_2,u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند. حاصلضرب $\tilde{n}_1$ و $\tilde{n}_2$ که به صورت $\tilde{n}_1\otimes\tilde{n}_2$ نشان داده می‌شود، توسط تابع عضویت $\mu_{\tilde{n}_1\otimes\tilde{n}_2}(x)$ به صورت زیر تعریف می گردد [۳۳]:

14. α-cut

15. triangular fuzzy number
16. crisp number

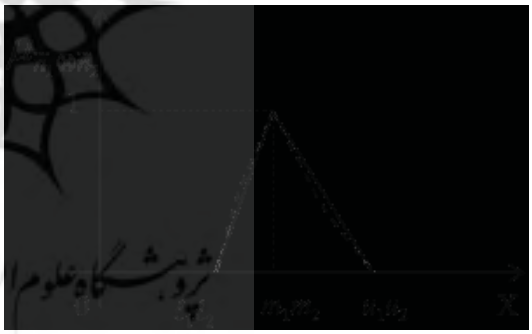
$$\begin{cases} 0 & ;x \le \ell_1\ell_2 \\ \dfrac{2\ell_1\ell_2 - \ell_1 m_2 - \ell_2 m_1 + \sqrt{[\ell_1(m_2-\ell_2)-\ell_2(m_1-\ell_1)]^2 + 4x(m_1-\ell_1)(m_2-\ell_2)}}{2(m_1-\ell_1)(m_2-\ell_2)} & ;\ell_1\ell_2 \le x \le m_1m_2 \\ \dfrac{2u_1u_2 - u_1m_2 - u_2m_1 + \sqrt{[u_1(m_2-u_2)-u_2(m_1-u_1)]^2 + 4x(m_1-u_1)(m_2-u_2)}}{2(m_1-u_1)(m_2-u_2)} & ;m_1m_2 \le x \le u_1u_2 \\ 0 & ;x \ge u_1u_2 \end{cases} \quad (۳)$$

معلوم است که $\tilde{n}_1 \otimes \tilde{n}_2$ یک عدد فازی مثلثی نیست. قضیه ذیل، فرمولی تقریبی برای در نظر گرفتن به عنوان یک عدد فازی مثلثی مهیا می کند.

قضیه ۳-۴- فرض کنید $\tilde{n}_1 = (\ell_1, m_1, u_1)$ و $\tilde{n}_2 = (\ell_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، $\tilde{n}_1 \otimes \tilde{n}_2$ تقریبی از عدد فازی مثلثی $(\ell_1 \times \ell_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$ است [۳۴]، یعنی

$$\tilde{n}_1 \otimes \tilde{n}_2 \cong (\ell_1 \times \ell_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (۴)$$

مفهوم مذکور در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- تابع عضویت $\tilde{n}_1 \otimes \tilde{n}_2$ و تقریب آن

تعریف ۳-۷- یک متغیر کلامی متغیری است که مقادیر آن به صورت عبارات کلامی بیان شود [۳۲].

مفهوم متغیر کلامی معمولاً توسط تصمیم‌گیرندگان برای بیان ارزیابیهایشان به کار برده می‌شود، و در موقعیت‌هایی که با عبارات مرسوم کیفی بخوبی تعریف نمی‌گردند، این مفهوم بسیار مفید است. مقادیر کلامی می توانند به صورت اعداد فازی بیان شوند. به عنوان مثال، "وزن"، یک متغیر کلامی است که مقادیر کلامی آن می تواند عبارات بسیار کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد و ... باشد. اعداد فازی می توانند این مقادیر کلامی را نیز نشان دهند [۳۵].

در اکثر مدل‌ها، مجبور هستیم داده‌های نهایی فازی را به مقادیر قطعی تبدیل نماییم. از جمله روش‌های تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی (فازی زدایی[17]) روش پیشنهادی اپریکویک و تی ژنگ [۳۶] تحت عنوان CFCS است. این روش مزیت ارائه مقدار قطعی بزرگتر با تابع عضویت بزرگتر و تفکیک دو عدد فازی مثلثی قرینه با میانه یکسان را داراست.

قضیه ۳-۵- (روش فازی زدایی CFCS). فرض کنید $\tilde{n}_k = (\ell_k, m_k, u_k); k = 1,2,...,n$ اعداد فازی مثلثی باشند و $\tilde{n}_k^{def}$ معرف مقدار قطعی آن‌ها باشد. همچنین داریم: $L = \min(\ell_k)$ ؛ $R = \max(u_k)$ ؛ $k = 1,2,...,n$ و آنگاه $\Delta = R - L$

$$\tilde{n}_k^{def} = L + \Delta \times \frac{(m-L)(\Delta+u-m)^2(R-\ell)+(u-L)^2(\Delta+m-\ell)^2}{(\Delta+m-\ell)(\Delta+u-m)^2(R-\ell)+(u-L)(\Delta+u-m)} \quad (۵)$$

۴. فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP)

تا کنون ابزارها و روش‌های متعددی برای حل مسایل چند معیاره ارایه شده است. یکی از کارآمدترین این تکنیک‌ها فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[18] (AHP) بوده است که توسط توماس ال ساعتی [۳۷] در سال

17. defuzzification
18. Analytical Hierarchy Process (AHP)

۱۹۸۰ مطرح شد. پس از چندی به دلیل آنکه روش AHP، جامعیت لازم را نداشت، ساعتی در سال ۱۹۹۶ روش گسترش یافته‌ای تحت عنوان فرآیند تحلیل شبکه‌ای[19] (ANP) را ارائه نمود [۳۸]. در ادامه به مقایسه کلی این دو روش پرداخته و سپس گام‌های روش ANP فازی را تشریح می‌نماییم.

طبق گفته دکتر ساعتی [۳۹]، ANP یک روش کلی‌تر از AHP است و برای مقایسه این دو روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

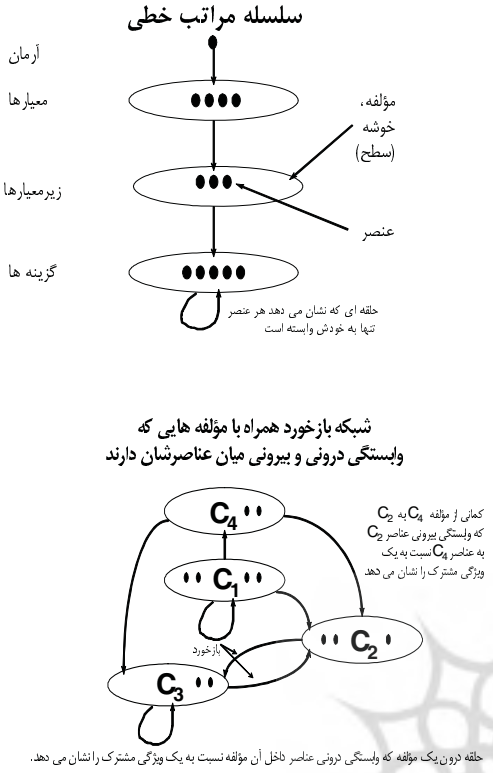
۱- ANP با مجاز شمردن وابستگی، از AHP که فقط شامل حالت استقلال است، فراتر می‌رود. در حقیقت AHP به عنوان حالت خاصی از ANP به‌شمار می‌رود.

۲- ANP با وابستگی عناصر در یک مجموعه (وابستگی داخلی) و وابستگی عناصر در مجموعه‌های مختلف (وابستگی خارجی) در ارتباط است.

۳- ساختار شبکه ای ANP، این امکان را فراهم می سازد که هر مسأله تصمیم‌گیری را بدون نگرانی از اینکه چه چیزی نخست و چه چیزی در پی آن می آید، ارائه کنیم.

۴- ANP یک ساختار غیرخطی است، در حالی‌که یک سلسله مراتب، با یک هدف در بالاترین سطح، و گزینه‌ها در سطح زیرین، ساختار خطی دارد.

۵- ANP نه فقط عناصر، بلکه گروه‌ها یا خوشه‌هایی از عناصر را که اغلب در دنیای واقعی نیز نیاز می‌شود، از نظر حق تقدم، مرتب می‌کند.



شکل ۴- تفاوت ساختاری میان یک شبکه خطی و یک شبکه غیر خطی

ساعتی، آخرین نسخه از روش ANP را به صورت روشی با گام‌های دوازده گانه ارائه کرده است [۴۰]. البته باید توجه داشت به دلیل وجود محاسبات پیچیده، گام‌های ۸ تا ۱۲ که گام‌های محاسباتی هستند را می‌توان با کمک نرم افزار SuperDecisions انجام داد که بدین ترتیب عملاً سختی این روش تا حدود زیادی برطرف می‌شود.

روش ANP به منظور نرخ گذاری و رتبه‌بندی ترجیحات، از ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌کند که داده‌های ورودی آن اعداد قطعی بوده و در مواردی که داده‌های ورودی با ابهام روبرو هستند نمی‌توان از این ماتریس استفاده نمود.

برای حل این مسأله، «چنگ رو وو» به اتفاق

19. Analytical Network Process (ANP)

همکارانش [۴۱] مدلی را ارائه نموده‌اند که از روش ANP در محیط فازی بهره می‌گیرد. تفاوت مدل ارائه شده با روش ANP معمولی، در استخراج اوزان اهمیت از ماتریس مقایسات زوجی می باشد که شرح آن در ذیل آمده است. سایر گامهای مدل با روش ANP معمولی یکسان است و از ذکر مجدد آن خودداری می‌گردد.

از آنجایی‌که هر عدد در ماتریس مقایسات زوجی، نظر شخصی تصمیم گیرندگان را نشان می دهد و یک مفهوم مبهم است، به منظور یکی نمودن نظرات متمایز کارشناسان، اعداد فازی به کار گرفته می شوند.

اعداد فازی مثلثی به صورت ذیل تعریف می شوند:

$$L_{ij} \le M_{ij} \le U_{ij} \quad \text{و} \quad L_{ij}, M_{ij}, U_{ij} \in [1/9, 9] \qquad (۶)$$

$$\tilde{u}_{ij} = (L_{ij}, M_{ij}, U_{ij})$$

$$L_{ij} = \min(B_{ijk}) \qquad (۷)$$

$$M_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^{n} B_{ijk}} \qquad (۸)$$

$$U_{ij} = \max(B_{ijk}) \qquad (۹)$$

که در آن B_{ijk} معرف قضاوت کارشناس kاُم در مورد اهمیت نسبی دو معیار C_i و C_j است.

ماتریس مقایسات زوجی فازی $\tilde{A}$ به صورت ذیل است:

$$\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}] = \begin{array}{c} \\ c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \frac{1}{\tilde{a}_{12}} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{\tilde{a}_{1n}} & \frac{1}{\tilde{a}_{2n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

که در آن $\tilde{a}_{12}$ معرف یک عدد فازی مثلثی برای تعیین اهمیت نسبی دو معیار C_1 و C_2 است. ضمن این‌که $[\tilde{a}_{ij}]$ معرف ماتریسی است که توسط اعداد فازی مبتنی بر فرمول‌های (۶) تا (۹) به دست آمده است.

روش‌های فازی زدایی متعدداند. روش مورد استفاده در اینجا، روش لیو و وانگ [۴۳] می‌باشد. همانطور که در فرمول‌های (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده، این روش می‌تواند به طور صریح مشاهدات فازی را بفهماند.

$$0 \le \beta \le 1, \qquad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (۱۰)$$

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ij}) = [\beta . f_\alpha(L_{ij}) + (1-\beta) . f_\alpha(U_{ij})]$$

که در آن $f_\alpha(L_{ij}) = (M_{ij} - L_{ij})\alpha + L_{ij}$ معرف مقدار حد پایین α–برش $\tilde{a}_{ij}$ و $f_\alpha(U_{ij}) = U_{ij} - (U_{ij} - M_{ij})\alpha$ معرف مقدار حد بالای α–برش $\tilde{a}_{ij}$ می‌باشد.

$$0 \le \beta \le 1, \quad 0 \le \alpha \le 1, \qquad i > j \qquad (۱۱)$$

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ij}) = 1 / g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ij})$$

به دلیل توانایی این روش در نمایش صریح تلرانس ترجیح (α) و تلرانس ریسک (β) تصمیم‌گیرندگان، این افراد می‌توانند ریسک‌هایی را که در شرایط مختلف با آن مواجه می‌شوند کاملاً لمس نمایند.

بویژه αمی تواند به صورت شرایط با ثبات یا بی‌ثبات در نظر گرفته شود. زمانیکه $\alpha = 0$است، دامنه عدم قطعیت در بیشترین مقدار است. در ضمن، محیط تصمیم‌گیری با افزایش مقدار α ثبات پیدا می‌کند و همزمان، واریانس تصمیم‌گیری کاهش می‌یابد. همچنین، αمی تواند عددی بین ۰ و ۱ باشد و معمولاً مجموعه ای متشکل از ده عدد ۰/۱، ۰/۲، ...، ۱ برای نمایش عدم قطعیت است. به علاوه، درحالیکه $\alpha = 0$معرف حد بالای U_{ij} و حد پایین L_{ij} اعداد فازی مثلثی، و $\alpha = 1$معرف میانگین هندسی M_{ij} اعداد فازی مثلثی می باشند، βبه عنوان میزان بد بینی[20] تصمیم‌گیرنده مد نظر قرار می‌گیرد. وقتی $\beta = 0$است، تصمیم‌گیرنده خوش‌بین‌تر است و بنابراین توافق کارشناسان برابر با حد بالای U_{ij}عدد فازی مثلثی است. وقتی $\beta = 1$است، تصمیم‌گیرنده بد بین است و دامنه اعداد از ۰ تا ۱ می باشد. بهرحال، پنج عدد ۰/۱، ۰/۳،

20. Pessimism

۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ برای نمایش حالات ذهنی تصمیم‌گیرندگان استفاده می‌شود.

ماتریس مقایسات زوجی یک فرد، به صورت ذیل نمایش داده می شود:

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{A}) = g_{\alpha,\beta}([\tilde{a}_{ij}]) = \begin{array}{c} \\ c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} c_1 & c_2 & \cdots & c_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{12}) & \cdots & g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{1n}) \\ \frac{1}{g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{12})} & 1 & \cdots & g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{1n})} & \frac{1}{g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{2n})} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

$\lambda_{\max}$ معرف مقدار ویژه ماتریس مقایسات زوجی $g_{\alpha,\beta}(\tilde{A})$ است.

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{A})W = \lambda_{\max} W$$
$$\left|g_{\alpha,\beta}(\tilde{A}) - \lambda_{\max} \mathrm{I}\right| W = 0 \qquad \text{و}$$

که در آن W معرف بردار ویژه $0 \le \alpha \le 1,\ 0 \le \beta \le 1$ $g_{\alpha,\beta}(\tilde{A})$ است.

۵. تکنیک DEMATEL فازی

روش DEMATEL[21] توسط برنامه علوم و بشر انستیتو Battelle Memorial ژنو، بین سالهای ۱۹۷۲ و ۱۹۷۶ ایجاد شد و برای مطالعه و حل مسائل پیچیده و در هم تنیده مورد استفاده قرار گرفت. روش DEMATEL مبتنی بر گراف‌های جهت داری (دیاگرافهایی) است که می‌توانند عوامل دخیل را به دو گروه علت و معلول تفکیک نمایند. این دیاگرافها، رابطه وابستگی میان عناصر یک سیستم را به تصویر می‌کشند، به طوری‌که اعداد روی هر دیاگراف، بیانگر شدت تأثیر یک عنصر بر عنصر دیگر است. از این رو، روش DEMATEL می تواند رابطه میان علت‌ها و معلول‌های عوامل را به یک مدل ساختاری قابل درک از سیستم تبدیل نماید [۴۴].

با توجه به اینکه برای استفاده از روش DEMATEL به نظرات کارشناسان نیاز داریم و این نظرات در بر دارنده عبارات کلامی مبهم و دو پهلو است، به منظور یکپارچه سازی و رفع ابهام آن‌ها، بهتر است که این عبارات به اعداد فازی تبدیل شوند. برای حل این مشکل، لین و وو [۴۵] مدلی را ارائه نموده‌اند که از روش DEMATEL در محیط فازی بهره می‌گیرد. در ادامه به تشریح گامهای مدل DEMATEL فازی ارائه شده می‌پردازیم:

گام اول: آرمان تصمیم‌گیری را مشخص نموده و کمیته ای را جهت جمع آوری نظرات برای حل مسأله تشکیل دهید.

گام دوم: تعیین معیارهای ارزیابی و طراحی مقیاس کلامی فازی.

به دلیل رویارویی با ابهامات در ارزیابی‌های انسانی، از مقیاس مقایسه ای مورد استفاده در روش DEMATEL معمولی صرف نظر نموده و به جای آن از مقیاس کلامی فازی پیشنهادی لی [۳۳] استفاده می کنیم. درجات مختلف "تأثیر" با پنج واژه: «خیلی زیاد، زیاد، کم، خیلی کم، بی‌تأثیر» بیان می شود و اعداد فازی مثلثی مثبت متناظر با آن‌ها در جدول و شکل ذیل نشان داده شده است.

جدول ۳- تناظر عبارات کلامی با مقادیر کلامی

عبارات کلامی	مقادیر کلامی
تأثیر خیلی زیاد (VH)	(0.75,1.0,1.0)
تأثیر زیاد (H)	(0.5,0.75,1.0)
تأثیر کم (L)	(0.25,0.5,0.75)
تأثیر خیلی کم (VL)	(0,0.25,0.5)
بی تأثیر (No)	(0,0,0.25)

شکل ۵- اعداد فازی مثلثی برای متغیرهای کلامی

21. Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory

گام سوم: ارزیابی‌های تصمیم‌گیرندگان را جمع‌آوری نمایید.

برای تعیین رابطه میان معیارهای $C=\{C_i \mid i=1,2,\ldots,n\}$، یک گروه تصمیم‌گیری متشکل از p کارشناس، مورد سوال قرار می‌گیرند تا مجموعه‌ای از مقایسات زوجی بر حسب عبارات کلامی به دست آید. از این‌رو تعداد p ماتریس فازی $\tilde{Z}^{\langle 1\rangle},\tilde{Z}^{\langle 2\rangle},\ldots,\tilde{Z}^{p}$ با استفاده از نظرات هر کارشناس تهیه می شود.

$$\tilde{Z}^{\langle k\rangle}=\begin{bmatrix} 0 & \tilde{z}_{12}^{\langle k\rangle} & \cdots & \tilde{z}_{1n}^{\langle k\rangle} \\ \tilde{z}_{21}^{\langle k\rangle} & 0 & \cdots & \tilde{z}_{2n}^{\langle k\rangle} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1}^{\langle k\rangle} & z_{n2}^{\langle k\rangle} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \qquad k=1,2,\ldots,p$$

که در آن $\tilde{z}_{ij}^{\langle k\rangle}=\left(\ell_{ij}^{\langle k\rangle},m_{ij}^{\langle k\rangle},u_{ij}^{\langle k\rangle}\right)$. ماتریس فازی $\tilde{Z}^{\langle k\rangle}$، ماتریس رابطه مستقیم اولیه فازی[22] کارشناس kام نامیده می شود.

گام چهارم: به دست آوردن ماتریس نرمال رابطه مستقیم فازی.

فرض کنید $\tilde{a}_i^{\langle k\rangle}$، اعداد فازی مثلثی باشند،

$$\tilde{a}_i^{\langle k\rangle}=\sum_{j=1}^{n}\tilde{z}_{ij}^{\langle k\rangle}=\left(\sum_{j=1}^{n}\ell_{ij}^{\langle k\rangle},\sum_{j=1}^{n}m_{ij}^{\langle k\rangle},\sum_{j=1}^{n}u_{ij}^{\langle k\rangle}\right) \quad \text{و}$$

$$r^{\langle k\rangle}=\max_{1\le i\le n}\left(\sum_{j=1}^{n}u_{ij}^{\langle k\rangle}\right)$$

سپس برای تبدیل مقیاس معیارها به مقیاس‌های قابل مقایسه، از تبدیل مقیاس خطی، به صورت فرمول نرمال سازی استفاده می شود. ماتریس نرمال سازی رابطه مستقیم فازی کارشناس kام، یعنی $\tilde{X}^{\langle k\rangle}$، به صورت ذیل نشان داده شده است،

$$\tilde{X}^{\langle k\rangle}=\begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^{\langle k\rangle} & \tilde{x}_{12}^{\langle k\rangle} & \cdots & \tilde{x}_{1n}^{\langle k\rangle} \\ \tilde{x}_{21}^{\langle k\rangle} & x_{22}^{\langle k\rangle} & \cdots & \tilde{x}_{2n}^{\langle k\rangle} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1}^{\langle k\rangle} & \tilde{x}_{n2}^{\langle k\rangle} & \cdots & \tilde{x}_{nn}^{\langle k\rangle} \end{bmatrix} \qquad k=1,2,\ldots,p$$

که در آن

$$\tilde{x}_{ij}^{\langle k\rangle}=\frac{\tilde{z}_{ij}^{\langle k\rangle}}{r^{\langle k\rangle}}=\left(\frac{\ell_{ij}^{\langle k\rangle}}{r^{\langle k\rangle}},\frac{m_{ij}^{\langle k\rangle}}{r^{\langle k\rangle}},\frac{u_{ij}^{\langle k\rangle}}{r^{\langle k\rangle}}\right)$$

همانند روش DEMATEL معمولی فرض می کنیم حداقل یک i وجود دارد که $\sum_{j=1}^{n}u_{ij}^{\langle k\rangle}<r^{\langle k\rangle}$. این فرض در عمل به خوبی برآورده می شود. سپس فرمول‌های (۱) و (۲) برای محاسبه ماتریس میانگین $\tilde{X}$، حاصل از $\tilde{X}^{\langle 1\rangle},\tilde{X}^{\langle 2\rangle},\ldots,\tilde{X}^{\langle p\rangle}$ استفاده می شوند.

$$\tilde{X}=\frac{\left(\tilde{X}^{\langle 1\rangle}\oplus\tilde{X}^{\langle 2\rangle}\oplus\cdots\oplus\tilde{X}^{\langle p\rangle}\right)}{p}$$

که در آن $\tilde{x}_{ij}=\dfrac{\sum_{k=1}^{p}\tilde{x}_{ij}^{\langle k\rangle}}{p}$ $\quad \tilde{X}=\begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & x_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \cdots & \tilde{x}_{nn} \end{bmatrix}$

ماتریس فازی $\tilde{X}$، ماتریس نرمال رابطه مستقیم فازی نامیده می شود. در اینجا ما از میانگین حسابی برای یکپارچه سازی کل داده های کارشناسان بعد از محاسبه ماتریس نرمال رابطه مستقیم فازی $\tilde{X}^{\langle k\rangle}$ استفاده می کنیم. این روش بهتر از روش یکپارچه سازی کل داده های کارشناسان بعد از محاسبه ماتریس رابطه مستقیم اولیه فازی $\tilde{Z}^{\langle k\rangle}$ است.

گام پنجم: پیاده سازی و تحلیل مدل ساختاری.

برای محاسبه ماتریس رابطه کلی فازی[23]، ابتدا باید همگرایی $\lim_{w\to\infty}\tilde{X}^{w}=0$ را تضمین نماییم. در محاسبه $\tilde{X}^{w}$، فرمول تقریب (۴) را جهت ضرب دو عدد فازی مثلثی به کار می بریم. در واقع، فرمول (۴) منطبق بر فرمول (۳) است. از این رو، عناصر $\tilde{X}^{w}$ نیز اعداد فازی مثلثی هستند.

فرض کنید $\tilde{x}_{ij}=\left(\ell_{ij},m_{ij},u_{ij}\right)$ و سه ماتریس قطعی ذیل را که عناصر $\tilde{X}$ آن از استخراج می شوند را در نظر بگیرید:

22. Initial direct-relation fuzzy matrix

23. total-relation fuzzy matrix

$$X_\ell = \begin{bmatrix} 0 & \ell_{12} & \cdots & \ell_{1n} \\ \ell_{21} & 0 & \cdots & \ell_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \ell_{n1} & \ell_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \qquad X_m = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \qquad X_u = \begin{bmatrix} 0 & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & 0 & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

مطابق حالت قطعی، ماتریس رابطه کلی فازی را به صورت ذیل تعریف می نماییم:

$$\tilde{T} = \lim_{w\to\infty}\left(\tilde{X} + \tilde{X}^2 + \cdots + \tilde{X}^w\right) = X \times (\mathrm{I} - X)^{-1}$$

قضیه ۵-۱- فرض کنید:

$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{12} & \cdots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \cdots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \cdots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix}$ که در آن : $\tilde{t}_{ij} = \left(\ell''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij}\right)$،

آنگاه:

$$Matrix\left[\ell''_{ij}\right] = X_\ell \times (\mathrm{I} - X_\ell)^{-1} \quad \text{و}$$

$$Matrix\left[m''_{ij}\right] = X_m \times (\mathrm{I} - X_m)^{-1} \quad \text{و}$$

$$Matrix\left[u''_{ij}\right] = X_u \times (\mathrm{I} - X_u)^{-1}$$

اکنون که $\tilde{T}$ به دست آمده، روش CFCS، یعنی فرمول (۵) را جهت فازی زدایی و به دست آوردن ماتریس رابطه کلی به کار می بریم.

ماتریس رابطه کلی تکنیک DEMATEL می تواند به راحتی جایگزین ماتریس اوزان اهمیت وابستگی داخلی روش ANP شود.

۶. مدل پیشنهادی تصمیم‌گیری برون سپاری/ درون سپاری

تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری فعالیت‌های تولیدی، نیازمند به کار بردن عوامل کمی و کیفی متعدد در یک روش معقول و منطقی است. از این رو تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری فعالیت‌های تولیدی، نوعی مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره[24] (MCDM) بوده که برای حل، نیازمند استفاده از روش‌های با قابلیت اطمینان بالا و سیستماتیک است.

اکثر روش‌های MCDM مرسوم، مبتنی بر فرض استقلال عناصر هستند. اما یک معیار نمی‌تواند همیشه مستقل باشد. برای حل مسأله برخورد با آثار متقابل عناصر، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به عنوان روش نسبتاً جدید MCDM توسط ساعتی پیشنهاد شد. ANP قادر است انواع وابستگی‌ها را به طور سیستماتیک مد نظر قرار دهد. این روش در بسیاری از حوزه ها به طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفته است. با این حال، طرز عمل ANP در برخورد با وابستگیهای داخلی، کامل و بی‌عیب نیست [۴۶]. از سوی دیگر، تکنیک DEMATEL نه تنها می تواند روابط میان علت و معلول را به مدل ساختاری مشهود تبدیل نماید، بلکه می تواند به عنوان روشی مناسب برای رویارویی با وابستگیهای داخلی درون مجموعه ای از معیارها استفاده شود. در واقع DEMATEL در این زمینه قادر است نسبت به ANP اطلاعات ارزشمندتری را به تصمیم گیرندگان ارائه دهد [۴۶،۴۷].

با توجه به اینکه برای استفاده از روش‌های ANP و DEMATEL در تصمیم‌گیری‌ها، نیازمند بهره‌گیری از نظرات کارشناسان هستیم و عموماً این نظرات که به صورت عبارات کلامی بیان می‌شوند، در بر دارنده مفاهیم مبهم و دو پهلو است، هر دو روش قادر به رفع ابهام و عدم قطعیت از ارزیابیهای کلامی صورت گرفته توسط تصمیم گیرندگان نیستند. لذا به منظور یکپارچه سازی و رفع ابهام، بهتر است که عبارات مبهم کلامی به

[24]. multiple criteria decision making

اعداد فازی تبدیل شوند و در واقع از این دو روش در محیطی فازی استفاده گردد.

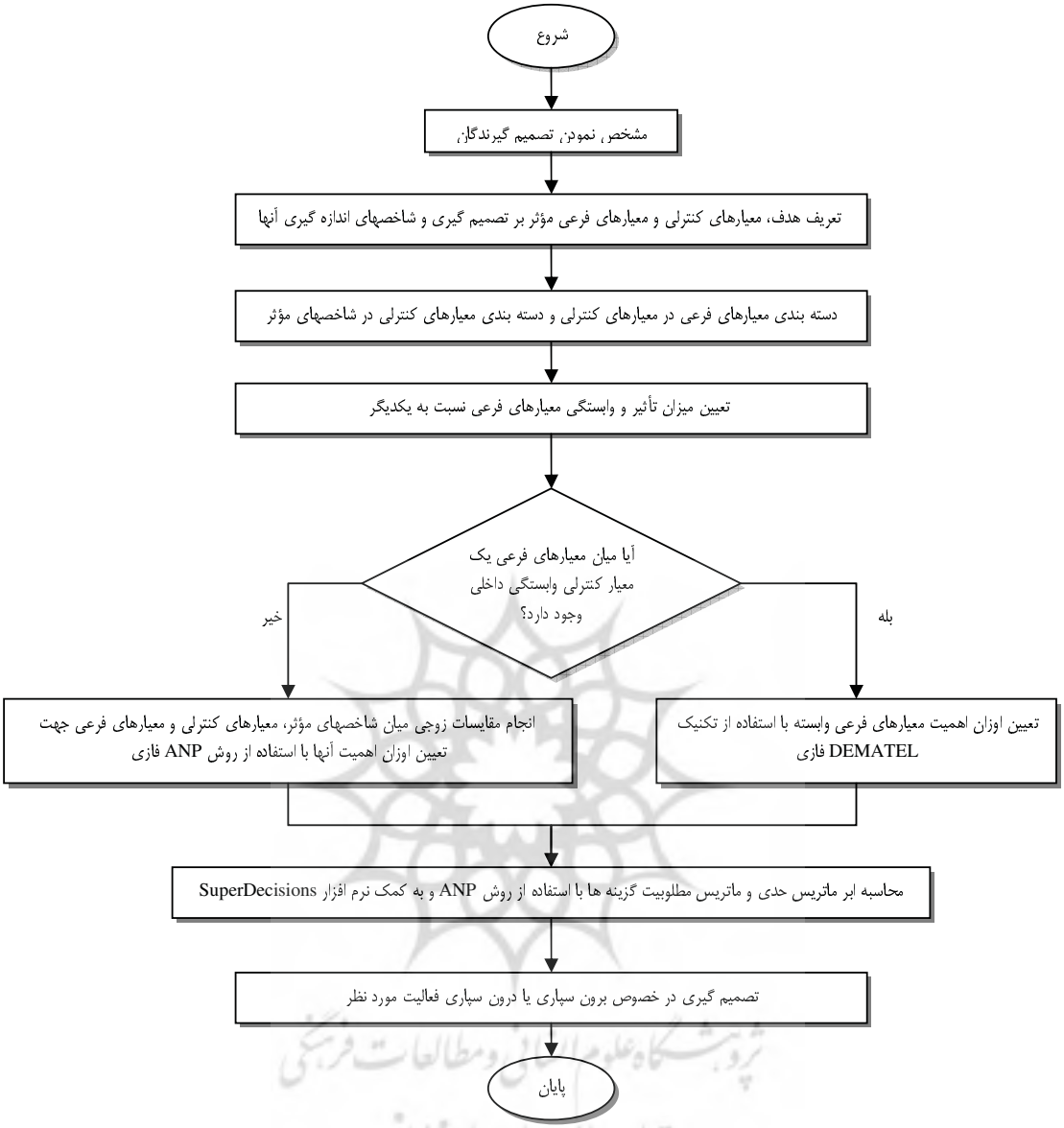
با توجه به مزایای ذکر شده در مورد ANP و DEMATEL و امکان استفاده از آن‌ها در شرایط عدم قطعیت، مدلی جدید و مؤثر، مبتنی بر تلفیق روش‌های ANP و DEMATEL در محیط فازی جهت کمک به تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری فعالیت‌های تولیدی در شرایط عدم قطعیت، به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

مراحل اجرایی مدل پیشنهادی، بر پایه گام‌های دوازده گانه روش ANP معمولی است. تفاوت این مدل با روش ANP معمولی در این است که در جایی‌که عناصر داخل هر خوشه، یعنی معیارهای فرعی یک معیار کنترلی، بر یکدیگر اثر متقابل داشته یا اصطلاحاً وابستگی داخلی داشتند، برای تعیین میزان اثر متقابل و وابستگی آن‌ها بجای بهره‌گیری از روش مقایسات زوجی مرسوم در فرآیند ANP معمولی و محاسبه ماتریس اوزان اهمیت وابستگی داخلی از نتایج ماتریس رابطه کلی مورد استفاده در تکنیک DEMATEL فازی معرفی شده در بخش ۵ استفاده می‌گردد. در سایر موارد برای انجام مقایسات زوجی میان شاخص‌های مؤثر، مقایسات زوجی میان عناصر هر خوشه و یا میان عناصری که در سایر خوشه‌ها بر هم اثر گذارند، به جای بهره‌گیری از روش مقایسات زوجی مرسوم در فرآیند ANP معمولی از نتایج ماتریس مقایسات زوجی مورد استفاده در روش ANP فازی معرفی شده در بخش ۴ استفاده می گردد. مراحل اجرایی این مدل در شکل ذیل قابل مشاهده است. بدین ترتیب ضمن کاهش حجم محاسبات، از ارزیابی‌های کلامی تصمیم‌گیرندگان به نحو مؤثر و مناسبتری استفاده می‌گردد.

۷. مطالعه موردی

به منظور نشان دادن کاربردی بودن مدل ارائه شده، اقدام به اجرای مدل برای چهار محصول یک شرکت تولیدی نموده ایم. این محصولات شامل؛ مجموعه رام زیر موتور، مجموعه تقویتی سپر عقب، مجموعه تقویتی سپر جلو، و مجموعه شیشه بالابرهای چپ و راست نوعی خودرو می باشد. رام زیر موتور، همان سینی نگهدارنده موتور و ملحقات آن می باشد که اتصال دهنده آن‌ها به شاسی خودرو است. این وسیله، کاهش دهنده ارتعاشات انتقالی از موتور از طریق دسته موتور و سایر ضربه گیرهای لاستیکی است. کارکرد سایر محصولات نیز از نامشان مشخص است. شرکت می خواهد بداند با توجه به شرایط تأمین کنندگان و همچنین شرایط خود، آیا اقدام به برون سپاری تولید هر یک از این محصولات نماید یا این‌که خودش آن‌ها را تولید کند. بدین منظور، محقق پس از طراحی مدل تصمیم‌گیری، طی چندین جلسه با حضور کارشناسان مرتبط با موضوع در شرکت، نسبت به توجیه مسأله و مدل پیشنهادی اقدام نمود و بر این اساس، مدل در چهارچوب BOCR[25] روش ANP به صورت ذیل ارائه شد. علت استفاده از چهارچوب BOCR اینست که هر شرکت تولیدی بواسطه برون سپاری یا درون سپاری تولید یک محصول، منافعی کسب می‌کند، فرصتهایی برایش به وجود می‌آید، متحمل هزینه‌هایی می‌گردد، و با ریسک‌هایی مواجه می‌شود، که برآیند آن‌ها بایستی ارزش افزوده مناسبی برای شرکت به همراه داشته باشد.

[25]. Benefits, Opportunities, Costs, Risks



شکل ۶- مراحل اجرایی مدل پیشنهادی تصمیم‌گیری برون سپاری یا درون سپاری

برای هر یک از محصولات ذکر شده، مدلی مشابه بهم تعریف می نماییم که آرمان هر مدل، پاسخ به این سؤال است که "تولید محصول مورد نظر، بهتر است برون سپاری شود یا درون سپاری گردد؟". گزینه‌های این تصمیم‌گیری عبارتند از: برون سپاری تولید محصول به یکی از شرکت‌های A یا B، درون سپاری تولید محصول، یعنی انجام آن توسط خود شرکت. معیارهای کنترلی و معیارهای فرعی آن‌ها که در مدل مورد استفاده قرار گرفته‌اند، طی پرسشنامه‌ای توسط تصمیم‌گیرندگان، تعیین و در داخل شاخص‌های مؤثر(BOCR) دسته‌بندی شدند که در جدول ذیل نیز نشان داده شده‌اند.

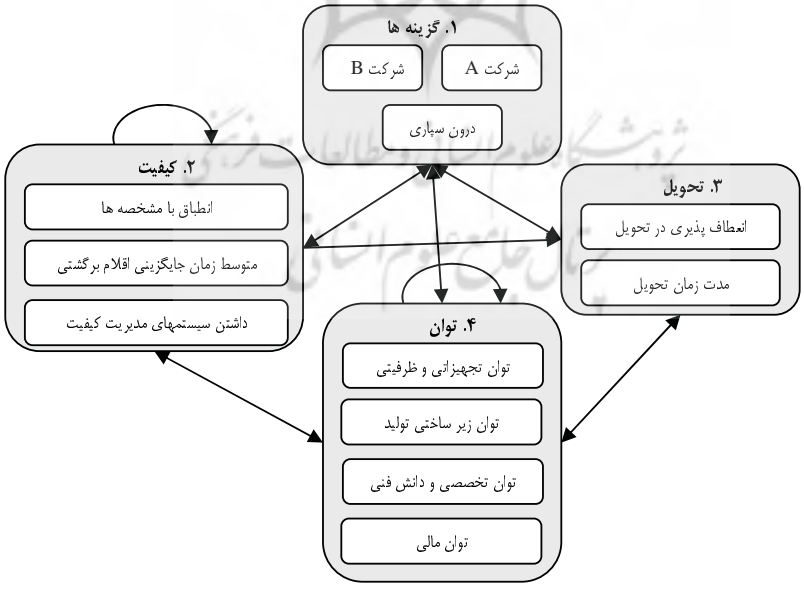
جدول ۴- معیارهای کنترلی شبکه های تصمیم‌گیری و معیارهای فرعی آن‌ها

BOCR	معیارهای کنترلی	معیارهای فرعی
منافع	کیفیت	۱- انطباق با مشخصه ها ۲- متوسط زمان جایگزینی اقلام برگشتی ۳- داشتن سیستم‌های مدیریت کیفیت
	تحویل	۱- تحویل به موقع ۲- مدت زمان تحویل
	توان	۱- توان تجهیزاتی و ظرفیتی ۲- توان زیر بنایی ۳- توان تخصصی و دانش فنی ۴- توان مالی
فرصتها	کارکنان	۱- تمرکز بر فعالیت‌های محوری ۲- تمرکز بر فعالیت‌های منطبق با کار شرکت
هزینه ها	هزینه محصول	۱- قیمت تمام شده ۲- هزینه حمل و نقل
ریسکها	فرآیندهای کاری	۱- پیوستگی خط تولید ۲- کنترل کیفیت ۳- سابقه کار تخصصی
	کارکنان	۱- روحیه ۲- ثبات روابط پرسنل و مدیریت
	مکان	۱- فاصله جغرافیایی
کل شبکه ها	شرکت A	
	شرکت B	
	درون سپاری	

هر یک از معیارهای فرعی فوق دارای یک شاخص اندازه‌گیری و سنجش هستند که با استفاده از آن شاخص، هر گزینه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این شاخص‌ها نیز توسط تصمیم گیرندگان تعیین گردیده‌اند.

با نظر تصمیم گیرندگان، سه معیار کنترلی "کیفیت"، "تحویل" و "توان" که برای بخش منافع مدل، تعریف شده اند به همراه گزینه‌های تصمیم‌گیری، تشکیل یک شبکه فرعی به صورت شکل ۷ را می‌دهند. برای بخش‌های فرصت‌ها، هزینه و خطر پذیری‌ها نیز شبکه‌های فرعی مشابهی تشکیل گردیده است.

پس از ارزیابی شرکت‌های A، B، و گزینه درون سپاری با استفاده از شاخص‌های اندازه گیری معیارهای فوق، و با توجه به روابط شکل گرفته در مدل‌های تصمیم گیری، اقدام به تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی میزان اهمیت شاخص‌های مؤثر (BOCR)، معیارهای کنترلی، معیارهای فرعی و نیز ماتریس مقایسات زوجی آن دسته از خوشه هایی که فاقد



شکل ۷- شبکه فرعی منافع

وابستگی داخلی هستند نموده و آن‌ها را به کمک نتایج ارزیابی شاخص‌های اندازه گیری، توسط تصمیم‌گیرندگان تکمیل می‌نماییم. سپس با استفاده از روش Fuzzy ANP معرفی شده در بخش ۴ اوزان اهمیت هر یک از ماتریس‌ها را محاسبه نموده و اقدام به تشکیل ابر ماتریس‌ها می نماییم. در این ابر ماتریس، مکان ماتریس‌های اوزان اهمیت خوشه هایی که دارای وابستگی داخلی هستند خالیست. با استفاده از نظر تصمیم گیرندگان، در می یابیم که در بخش منافع مدل‌ها، معیارهای فرعی دو معیار کنترلی کیفیت و توان، دارای وابستگی داخلی هستند. در بخش فرصت‌های مدل‌ها نیز، معیارهای فرعی معیار کنترلی کارکنان دارای وابستگی داخلی هستند، و در بخش ریسک‌های مدل‌ها، معیارهای فرعی دو معیار کنترلی کارکنان و فرآیندهای کاری دارای وابستگی داخلی هستند. از این رو برای محاسبه ماتریس اوزان اهمیت آن‌ها به جای استفاده از ماتریس‌های متعدد مقایسات زوجی روش Fuzzy ANP تنها از یک ماتریس رابطه کلی تکنیک Fuzzy DEMATEL معرفی شده در بخش ۵ استفاده می‌نماییم. سایر مراحل کار با مدل‌ها را می‌توانیم به کمک نرم افزار SuperDecisions به انجام رسانیم. به دلیل حجم بالای داده ها و محاسبات صورت گرفته، تنها به ارائه خروجی ابرماتریس‌های مختلف و نتیجه نهایی مدل بسنده می کنیم. در ابر ماتریس‌های غیر وزنی، بخشهایی که با رنگ خاکستری متمایز شده است، اوزان اهمیت محاسبه شده توسط ماتریس رابطه کلی موجود در تکنیک DEMATEL فازی و سایر بخشها اوزان اهمیت محاسبه شده توسط روش ANP فازی می باشد.

به عنوان نمونه، در مورد پروژه رام زیر موتور، "ماتریس رابطه کلی" معیار کنترلی "توان" را محاسبه نموده و آنرا با ماتریس اوزان اهمیت حاصل از روش ANP فازی جایگزین می کنیم.

جدول ۵- ارزیابی کلامی تصمیم گیرنده در مورد اثرات، در معیار کنترلی توان

	D1	D2	D3	D4
D1	NO	H	VL	L
D2	L	NO	VL	H
D3	VL	VL	NO	H
D4	VL	VH	L	NO

جدول ۶- ماتریس رابطه مستقیم اولیه

	D1	D2	D3	D4
D1	0.0000	0.6091	0.5333	0.5674
D2	0.5333	0.0000	0.3671	0.7052
D3	0.5674	0.5333	0.0000	0.5333
D4	0.6000	0.6415	0.2638	0.0000

جدول ۷- ماتریس رابطه مستقیم نرمال

	D1	D2	D3	D4
D1	0.0000	0.0901	0.0792	0.0843
D2	0.0792	0.0000	0.0546	0.1044
D3	0.0843	0.0496	0.0000	0.0496
D4	0.0892	0.0953	0.0393	0.0000

جدول ۸- ماتریس رابطه کلی

	D1	D2	D3	D4
D1	0.2630	0.4231	0.3465	0.4412
D2	0.4556	0.2275	0.1384	0.2634
D3	0.1413	0.1234	0.2324	0.1412
D4	0.1413	0.2276	0.0845	0.4556

جدول ۹- ابر ماتریس غیر وزنی منافع

		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	D1	D2	D3	D4
A1	درون سپاری	0.0000	0.0000	0.0000	0.7778	0.7778	0.8182	0.7778	0.7694	0.8182	0.7778	0.8182	0.8182
A2	شرکت A	0.0000	0.0000	0.0000	0.1111	0.1111	0.0909	0.1111	0.1778	0.0909	0.1111	0.0909	0.0909
A3	شرکت B	0.0000	0.0000	0.0000	0.1111	0.1111	0.0909	0.1111	0.0528	0.0909	0.1111	0.0909	0.0909
B1	انطباق با مشخصه ها	0.8182	0.4737	0.7778	0.6370	0.1634	0.1634	0.0000	0.0000	0.1667	0.2500	0.6667	0.1227
B2	متوسط زمان جابگزینی اقلام برگشتی	0.0909	0.4737	0.1111	0.2065	0.5096	0.3096	0.0000	0.0000	0.8333	0.7500	0.3333	0.2296
B3	داشتن سیستمهای مدیریت کیفیت	0.0909	0.0526	0.1111	0.1047	0.2970	0.2970	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6483
C1	انعطاف پذیری در تحویل	0.8750	0.8333	0.8750	0.0000	0.2500	0.8333	0.0000	0.0000	0.1667	0.7500	0.6667	0.7500
C2	مدت زمان تحویل	0.1250	0.1667	0.1250	1.0000	0.7500	0.1667	0.0000	0.0000	0.8333	0.2500	0.3333	0.2500
D1	توان تجهیزاتی و طراحی	0.2111	0.6829	0.0700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2630	0.4231	0.5465	0.1412
D2	توان زیر ساختی	0.6162	0.1762	0.0700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4306	0.2273	0.1364	0.2634
D3	توان تخصصی و دانش فنی	0.1391	0.0454	0.5384	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1413	0.1234	0.2324	0.1412
D4	توان مالی	0.0536	0.0954	0.3215	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.1413	0.2276	0.0643	0.4536

جدول ۱۰- ابر ماتریس وزنی منافع

		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	D1	D2	D3	D4
A1	درون سپاری	0.0000	0.0000	0.0000	0.1944	0.3889	0.2045	0.3889	0.3647	0.2045	0.1944	0.2045	0.2045
A2	شرکت A	0.0000	0.0000	0.0000	0.0278	0.0556	0.0227	0.0556	0.0889	0.0227	0.0278	0.0227	0.0227
A3	شرکت B	0.0000	0.0000	0.0000	0.0278	0.0556	0.0227	0.0556	0.0264	0.0227	0.0278	0.0227	0.0227
B1	انطباق با مشخصه ها	0.1364	0.0906	0.1487	0.1528	0.0392	0.0392	0.0000	0.0000	0.0417	0.0625	0.1667	0.0320
B2	متوسط زمان جابگزینی اقلام برگشتی	0.0174	0.0906	0.0212	0.0620	0.1293	0.1293	0.0000	0.0000	0.2083	0.1875	0.0833	0.0574
B3	داشتن سیستمهای مدیریت کیفیت	0.0174	0.0101	0.0212	0.0251	0.0712	0.0712	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1621
C1	انعطاف پذیری در تحویل	0.0420	0.0400	0.0420	0.0000	0.1250	0.2083	0.0000	0.0000	0.0417	0.1875	0.1667	0.1875
C2	مدت زمان تحویل	0.0060	0.0060	0.0060	0.2500	0.1250	0.0417	0.0000	0.0000	0.2083	0.0625	0.0833	0.0625
D1	توان تجهیزاتی و طراحی	0.1606	0.1195	0.0553	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1324	0.2125	0.2731	0.0701
D2	توان زیر ساختی	0.4688	0.1341	0.0553	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2287	0.1136	0.0694	0.1324
D3	توان تخصصی و دانش فنی	0.1059	0.0346	0.4295	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0701	0.0613	0.1162	0.0701
D4	توان مالی	0.0253	0.0728	0.2446	0.2500	0.0000	0.2500	0.5000	0.5000	0.0701	0.1142	0.0423	0.2287

جدول ۱۱- ابر ماتریس حدی منافع

		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	D1	D2	D3	D4
A1	درون سپاری	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942	0.1942
A2	شرکت A	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280
A3	شرکت B	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233
B1	انطباق با مشخصه ها	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891	0.0891
B2	متوسط زمان جابگزینی اقلام برگشتی	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578
B3	داشتن سیستمهای مدیریت کیفیت	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312	0.0312
C1	انعطاف پذیری در تحویل	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684
C2	مدت زمان تحویل	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833
D1	توان تجهیزاتی و طراحی	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109	0.2109
D2	توان زیر ساختی	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139
D3	توان تخصصی و دانش فنی	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524	0.0524
D4	توان مالی	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670	0.1670

جدول ۱۲- اولویت گزینه ها بر اساس شاخص منافع

گزینه ها	اولویت ایده آل	اولویت نرمال	اولویت اولیه
درون سپاری	1.0000	0.7720	0.1879
شرکت A	0.1059	0.0817	0.0199
شرکت B	0.1895	0.1463	0.0356

منظور از اولویت اولیه، سه عدد اول از ستون اول ابر ماتریس حدی می‌باشد. اولویت نرمال، از تقسیم تک‌تک اولویتهای اولیه بر جمع کل اولویتهای اولیه به دست می‌آید. اولویت ایده آل نیز از تقسیم تک‌تک اولویت‌های نرمال بر بزرگترین اولویت نرمال حاصل می‌گردد.

از جدول فوق معلوم می شود که درون سپاری پروژه رام زیر موتور، بیشترین منفعت را عاید شرکت می نماید. و برون سپاری پروژه به شرکت B، کمترین منفعت را برای شرکت تکلان به همراه دارد.

به دلیل حجم بالای داده ها و محاسبات صورت گرفته، تنها به ارائه خروجی نرمال نهایی چهار مدل بسنده می کنیم.

جدول ۵- اولویت نرمال نهایی مدل‌ها

نام محصول	درون سپاری	برون سپاری	
		شرکت A	شرکت B
رام زیر موتور	0.7662	0.0759	0.1579
تقویتی سپر عقب	0.0856	0.6175	0.2969
تقویتی سپر جلو	0.1350	0.3364	0.5286
شیشه بالابرهای چپ و راست	0.6483	0.2297	0.1220

جدول فوق شاخص‌های BOCR را به طور همزمان مد نظر قرار داده و مطلوبیت هر گزینه را مشخص می‌نماید. اعداد درون جدول از فرمول $bB + oO - cC - rR$ به دست آمده است. حروف کوچک انگلیسی، همان اولویتهای ایده آل گزینه ها در حوزه های منافع، فرصتها، هزینه‌ها و ریسکهاست. حروف بزرگ انگلیسی، اولویت شاخص‌های مؤثر منافع، فرصتها، هزینه ها و ریسکها را برای کل مدل‌ها نشان می دهد. بر این اساس می توان نتیجه گیری کرد که در مورد مجموعه رام زیر موتور، بهترین گزینه، درون سپاری تولید آن است. همچنین بهتر است تولید مجموعه تقویتی سپر عقب به شرکت A واگذار گردد. برون سپاری تولید مجموعه تقویتی سپر جلو به شرکت B پیشنهاد می شود، و بهترین گزینه برای تولید شیشه بالابرهای راست و چپ خودرو، درون سپاری آن‌هاست.

۸- جمع بندی و نتیجه گیری

همانطورکه مشاهده شد اکثر مدل‌های قبلی تصمیم‌گیری برون سپاری یا درون سپاری، به طور جامع و چند بعدی به این مسأله نپرداخته اند و تنها با در نظر گرفتن مجزای یک یا چند معیار کمی یا کیفی، به حل مسأله پرداخته‌اند. از طرفی، مدل‌های معدودی جهت تصمیم‌گیری درمورد تعیین فعالیت‌های تولیدی به منظور برون سپاری ارائه گردیده است. همچنین هیچ مدلی که در محیط فازی قابل اجرا باشد، یافت نشد.

لذا در این تحقیق با ارائه یک مدل تلفیقی جدید تصمیم‌گیری چند معیاره، اقدام به تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری فعالیت‌های تولیدی در شرایط عدم قطعیت بر اساس معیارهای کمی و کیفی متعدد گردید. در واقع این مدل می‌تواند به طور همزمان به دو سوال پاسخ دهد. اول آنکه چه فعالیت‌هایی باید برون سپاری یا درون سپاری شود، و دوم آنکه انجام هر فعالیت به چه کسی واگذار گردد.

از نظر ساختاری، این مدل که مبتنی بر تلفیق دو روش ANP و DEMATEL در محیط فازی است می تواند علاوه بر رفع ابهام و عدم قطعیت از ارزیابی‌های کلامی تصمیم‌گیرندگان، یکی از مشکلات و محدودیت‌های روش ANP یعنی بررسی تعداد زیادی از مقایسات زوجی برای کسب اوزان اهمیت معیارهایی که به یکدیگر وابستگی داخلی دارند را از بین ببرد.

همچنین این مدل قادر است میزان منافع، فرصت‌ها، هزینه ها، و ریسک‌های حاصل از درون سپاری یا برون سپاری فعالیت تولیدی مورد نظر را به تفکیک، محاسبه و امر تصمیم‌گیری را آسان نماید.

با توجه به جامعیت معیارهای لحاظ شده در مدل، می توان از این مدل برای تصمیم‌گیری در خصوص برون سپاری یا درون سپاری هر نوع کالای تولیدی استفاده نمود، و نیز می توان بنا به شرایط و اولویت‌های واحدهای صنعتی، گزینه های تصمیم‌گیری متعددی را وارد مدل ساخت.

در تحقیقات آتی می توان روی طراحی مدلی کار نمود که پاسخگوی این سوال باشد که چنانچه امتیاز بیش از یک شرکت مثبت بود، با توجه به معیارهای مختلفی همچون ظرفیت، تعداد پرسنل، و هزینه، هر یک

از شرکت‌های فوق، به چـه میـزان مـی‌تواننـد در انجـام پروژه دخیل باشند.

۹- مراجع

[۱] باقری، محمد رضا، **طراحی یک مدل تصمیم‌گیری برون سپاری فعالیت‌هـای تولیـدی در شـرایط عـدم قطعیـت**، پایـان نامـه کارشناسـی ارشـد، دانـشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ۱۳۸۷.

[2]. Probert, D.R.; "*The practical development of a make or buy strategy: the issue of process positioning''*. Integrated Manufacturing Systems, 7(2), 44-51, 1996.

[3]. McIvor, R.T., Humphreys, P.K., McAleer, W.E.; "*A strategic model for the formulation of an effective make or buy decision*". Management Decision, 35, 169-178, 1997.

[4]. Padillo, J. M., Diaby, M.; "*A multiple-criteria decision methodology for the make-or-buy problem*". International Journal of Production Research, 37, 3203-3229, 1999.

[5]. Lonsdale, C.; "*Effectively managing vertical supply relationships: a risk management model for outsourcing*". International Journal of Supply Chain Management, 4, 176-183, 1999.

[6]. Coman, A., Ronen, B.; "*Production outsourcing: a linear programming model for the Theory-Of-Constraints*". International Journal of Production Research, 38, 1631-1639, 2000.

[7]. Vallespir, B., Kleinhans, S.; "*Positioning a company in enterprise collaborations: vertical integration and make-or-buy decisions*". Production Planning & Control, 12, 478-487, 2001.

[8]. Aktan, M., Nembhard, H.B., Shi, L.; "*A real options design for product outsourcing*". Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, 548-552, 2001.

[9]. Tayles, M., Drury, C.; "*Moving from Make/Buy to Strategic Sourcing: The Outsource Decision Process*". Long Range Planning, 34, 605-622, 2001.

[10]. Momme, J., Hvolbyb, H.H.; "*An outsourcing framework: action research in the heavy industry sector*". European Journal of Purchasing & Supply Management, 8, 185-196, 2002.

[11]. Humphreys, P., McIvor. R., Huang, G.; "*An expert system for evaluating the make or buy decision*". Computers & Industrial Engineering, 42, 567-585, 2002.

[12]. Water, H., Peet, H.P.; "*A decision support model based on the Analytic Hierarchy Process for the Make or Buy decision in manufacturing*". Journal of Purchasing & Supply Management, 12, 258-271, 2006.

[13]. Arnold, U.; "*New dimensions of outsourcing: a combination of transaction cost economics and the core competencies concept*". European Journal of Purchasing & Supply Management, 6 , 23-29, 2000.

[14]. Rodriguez, T.F., Robaina, V.; "*Outsourcing and its impact on operational objectives and performance: a study of hotels in the Canary Islands*". Hospitality Management, 23 , 287-306, 2004.

[15]. Kremic, T., Tukel, O., Rom W.; "*Outsourcing decision support: a survey of benefits, risks, and decision factors*". Supply Chain Management, 11, 467-482, 2006.

[16]. Hendry, J.; "*Culture, Community and Networks: The Hidden Cost of Outsourcing*". European Management Journal, 13, 193-200, 1995.

[17]. Rodriguez, T.F., Robaina, V.; "*The management perception of the strategic outsourcing of services: An empirical examination in the hotel sector*". The Service Industries Journal, 25, 689-708, 2005.

[18]. Jeynes, M.C.L.; "*What does outsourcing bring you that innovation cannot? How outsourcing is seen-and currently marketed-as a universal panacea*". Total Quality Management & Business Excellence, 9, 193-201, 1998.

[19]. Ruffo, M., Tuck, C., Hague, R.; "*Make or buy analysis for rapid manufacturing*". Rapid Prototyping Journal, 13, 23-29, 2007.

[20]. Downey, J.M.; "*Risks of outsourcing applying risk management techniques to staffing methods*". Facilities, 13, 38-44, 1995.

[21]. Embleton, P.R., Wright, P.C.; "*A practical guide to successful outsourcing*". Empowerment in Organizations, 6, 94-106, 1998.

[22]. Benko, C.; "*Outsourcing evaluation*". Information Systems Management, 10, 45-50, 1993.

[23]. Ketler, K., Walstrom, J.; "*The Outsourcing Decision*". International Journal of Information Management, 13, 449-459, 1993.

[24]. Gonzalez, R., Gasco, J., Llopis, J.; "*Information systems outsourcing risks: a study*

[25]. Frost, C.; "*Outsourcing or increasing risks?*". Balance Sheet, 8, 34-37, 2000.
[26]. Rebernik, M., Bradac, B.; "*Cooperation and opportunistic behaviour in transformational outsourcing*". Kybernetes, 35, 1005-1013, 2006.
[27]. Bellman, R. E., Zadeh, L. A.; "*Decision-making in a fuzzy environment*". Management Science, 17(4), 141-164, 1970.
[28]. Chen, S. J., Hwang, C. L., Hwang, F. P.; *Fuzzy multiple attribute decision making methods and applications*. New York: Springer. 1992.
[29]. Zadeh, L. A.; "*Fuzzy sets*". Information and Control, 8(2), 338-353, 1965.
[30]. Kaufmann, A., Gupta, M. M.; *Introduction to fuzzy arithmetic: Theory and applications*. New York: Thomson Computer Press, 1991.
[31]. Klir, G.J., Yuan, B.; *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. New York: Prentice-Hall, 1995.
[32]. Zimmermann, H.J.; *Fuzzy Set Theory and its Applications*. (2nd ed). Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 1991.
[33]. Li, R. J.; "*Fuzzy method in group decision making. Computers and Mathematics with Applications*", 38(1), 91-101, 1999.
[34]. Laarhoven, P.J. M.V., Pedrycz, W.; "*A fuzzy extension of Saaty's priority theory*". Fuzzy Sets and Systems, 11, 229-241, 1983.
[35]. Chena, C.T., Linb, C.T., Huangb S.F.; "*A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management*". Int. J. Production Economics, 102 (2), 289-301, 2006.
[36]. Opricovic, S., Tzeng, G. H.; "*Defuzzification within a multicriteria decision model*". Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledgebased Systems, 11(5), 635-652, 2003.
[37]. Saaty, T.L.; *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.
[38]. Saaty, T.L.; *Analytical Network Process*. Pittsburgh: RWS Publications, 1996.
[39]. Saaty, T.L.; *Fundamentals of The Analytic Network Process*. ISAHP, Kobe, Japan, 1999.
[40]. Saaty, T.L.; "*Fundamentals of The Analytic Network Process: Multiple Networks With Benefits, Costs , Opportunities and Risks*". Journal of Systems Science And Systems Engineering, 13(3), 348-379, 2004.
[41]. Wu, C.R., Chang, C.W., Lin, H.L.; "*A Fuzzy ANP-based Approach to Evaluate Medical Organizational Performance*". Information and Management Sciences, 19(1), 53-74, 2008.
[42]. Tzeng, G.H., Chiang, C.H., Li, C.W.; "Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. Expert Systems with Applications, 32, 1028-1044.
[43]. Lious, T. S., Wang, M. J. J.; "*Ranking Fuzzy Numbers with Integral Value*". Fuzzy Sets and Systems, 50, 247-55, 1992.
[44]. Wu, W.W., Lee, Y.T.; "*Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method*". Expert Systems with Applications, 32, 499-507, 2007.
[45]. Lin, C.J., Wu, W.W.; "*A causal analytical method for group decision making under fuzzy environment*". Expert Systems with Applications, 34, 205-213, 2008.
[46]. Wu, W.W.; "*Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach*". Expert Systems with Applications, 35(3), 828-835, 2007.
[47]. Tsai, W.H., Chou, W.C.;"*Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP*". Expert Systems with Applications, In Press, 2008.