

تصمیم ساخت یا خرید در حالت عدم اطمینان با رویکرد منطق فازی با استفاده از شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چند معیاره

علی محتشمی*^۱، لیا الفت^۲

۱- استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین

۲- دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری، گروه مدیریت، دانشگاه علامه طباطبایی

چکیده

یکی از دغدغه‌های مهم برای تصمیم‌گیرندگان هر سازمان تولیدی، تصمیم‌گیری در مورد خرید قطعات (برون سپاری) و یا ساخت قطعات توسط کارخانه است که موضوع بحث بسیاری از مطالعات تا کنون بوده است. به این منظور این پژوهش سعی بر آن دارد تا به ارائه یک روش شناسی مناسب جهت حل این مسئله بپردازد. روش شناسی مطالعه حاضر توانایی بررسی تصمیم ساخت یا خرید را در حالت عدم قطعیت در برداشته و جهت این منظور از تحلیل شبیه‌سازی و رویکرد منطق فازی بهره می‌برد. این مطالعه به ارائه یک روش TOPSIS گروهی جدید می‌پردازد که این روش توسعه یافته روش‌های پیشین می‌باشد ضمن این که برای استفاده از شبیه‌سازی، روش پیشنهادی این مطالعه قابلیت بررسی خطوط تولیدی با زمان‌های تصادفی که از توابع توزیع عمومی پیروی می‌کنند را دارا می‌باشد. به عبارت دیگر روش پیشنهادی این مطالعه این امکان را فراهم می‌آورد که زمان پردازش ماشین‌ها، زمان‌های بین خرابی ماشین‌ها و زمان‌های تعمیر ماشین‌ها از توابع توزیع عمومی (نرمال، یکنواخت، گاما و . . .) پیروی کنند، نه صرفاً زمان‌های قطعی یا نمایی. روش شناسی حاضر تنها به ارائه راه کار ساخت یا خرید قطعات نمی‌پردازد، بلکه در مورد قطعاتی که ساخت آنها از چندین مرحله تشکیل شده و چندین تأمین‌کننده، قادر به تأمین آن می‌باشند، به ارائه راه حل مطلوب در مورد درجه ساخت توسط کارخانه (از برون سپاری کامل تا ساخت کامل) و انتخاب تأمین‌کننده مناسب (در صورت خرید) می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: ساخت، خرید، سیستم‌های صف، شبیه‌سازی، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، منطق فازی

۱. مقدمه

مک لوور و هومفریز^۴، ۲۰۰۰؛ تایلز و دروری^۵، (۲۰۰۱).

اغلب شرکت‌ها نمی‌توانند (یا نمی‌خواهند) تمام بخش‌هایی را که در یک محصول استفاده می‌شود را بسازند. پس میزان کاری که بایستی خارج از شرکت انجام شود، یک تصمیم مهم راهبردی است. این تصمیم، میزان وابستگی، ساختار شایستگی و دانش اختصاصی را در بر می‌گیرد. شرکت‌هایی که تولید همه قطعات مورد نیاز و مواد خام را کنترل می‌کنند، رشدشان بیشتر به صورت عمودی بوده است. برای سال‌های زیادی که شرکت‌ها تمایلی به وابستگی به دیگران نداشتند، این راهبرد معمول بود. اما امروز خرید قطعات و مواد خام از تأمین‌کنندگان و فروشندگان، یک امر معمول بوده و ارتباط با عرضه‌کنندگان تقویت شده است و شرکت‌های عرضه‌کننده، دارایی‌های گران‌بهایی در دستیابی به شایستگی‌های محوری به شمار می‌روند (جعفر نژاد، ۱۳۸۵).

محققان مختلفی در زمینه تصمیم‌گیری ساخت یا خرید تلاش نموده‌اند که به برخی از آنها اشاره می‌شود. پنگ^۶ و همکارانش به بررسی تصمیمات ساخت یا خرید در حوزه صادرات پرداختند. (پنگ و همکارانش، ۲۰۰۶). هومفریز^۴ و همکارانش به ارائه یک سیستم خیره جهت ارزیابی تصمیم ساخت یا خرید پرداختند. آنها عنوان کردند که هدف از تحقیقشان نشان دادن این موضوع است که چگونه تکنولوژی سیستم‌های دانش محور می‌تواند در خرید استراتژیک به تصمیم‌گیرندگان کمک کند (هومفریز و همکارانش، ۲۰۰۲). موسچریس^۱ به بحث در مورد شرکای سازمانی در فرآیند ساخت یا خرید پرداخت. او اذعان داشت که تحقیقات کمی در مورد شرکای

توجه به فرآیند ساخت یا خرید از اهمیت فزاینده‌ای بین صنعتگران و محققین برخوردار است (موسچریس^۱، ۲۰۰۸). تصمیم ساخت یا خرید همچنین با نام‌های «منبع یابی»، «برون‌سپاری» و یا «قرارداد‌های فرعی» نیز شناخته می‌شود (پاردیلو و دیابی^۲، ۱۹۹۹). آن چه مسلم است این است که شرکت‌ها همواره منابع محدودی در اختیار داشته و همیشه استطاعت داشتن تمام تکنولوژی‌های لازم جهت تولید داخل را ندارند (کانز^۳ و همکارانش، ۲۰۰۰). حتی در صورتی که شرکت استطاعت لازم جهت داشتن تکنولوژی لازم جهت تولید قطعه یا محصولی را نیز داشته باشد، این امر بدین معنا نیست که بهتر است شرکت به این امر بپردازد و خود دست به تولید بزند، چراکه تصمیم ساخت یا خرید تصمیمی چند بعدی است که باید از ابعاد مختلفی بررسی شود تا حداکثر مطلوبیت را در پی داشته باشد.

در واقع، تصمیم ساخت یا خرید یکی از تصمیمات استراتژیک هر سازمان است که نتایج بلند مدت و ماندگاری را برای سازمان‌ها در پی داشته و نباید چنین تصمیم مهمی با دید کوتاه مدت، صرفه‌جویانه و گذرا بررسی شود (مک لوور و هومفریز^۴، ۲۰۰۰). تصمیم ساخت یا خرید غالباً از تعیین‌کننده‌های عمده سود، به شمار رفته و می‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ای جهت سلامت مالی یک شرکت به شمار رود (یون و نادیموتو^۵، ۱۹۹۴). تصمیم ساخت یا خرید می‌تواند، بر استراتژی شرکت، ساختار هزینه‌ای شرکت، رقابت‌پذیری، انعطاف‌پذیری، سطح خدمت‌دهی و مزیت‌های رقابتی سازمان تأثیر گذارد (فورد^۶ و همکارانش، ۱۹۹۳؛ مندرس و برنر^۷، ۱۹۹۵؛

مبتنی بر وب برای تصمیمات ساخت یا خرید پرداختند. آنها اذعان کردند که هدف مطالعه‌شان تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید برای مسائل تولید و تأمین است (هوانگ و همکارانش، ۲۰۰۷).

در بسیاری از تحقیقاتی که تا کنون انجام شده، به تصمیمات ساخت یا خرید توجه زیادی شده است. در حقیقت محققین بر آن بودند تا مدلی ارائه دهند که به شرکت‌ها کمک کند تا به امر تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید قطعات خود بپردازند. به عبارت دیگر، محققین با ارائه مدل‌ها و روش‌های مختلف سعی در انتخاب یکی از دو حالت «ساخت» یا «خرید» داشتند. همچنین، در بیشتر تحقیقات به نظر می‌رسد که محققین با ثابت و قطعی در نظر گرفتن عوامل به ساخت و ارائه روش‌ها پرداخته‌اند و عواملی مانند تغییر پذیری‌های زمان‌های تحویل، کیفیت، انعطاف پذیری و غیره را در نظر نگرفته‌اند. یکی دیگر از مسائلی که می‌توان در مورد تصمیم ساخت یا خرید از نظر گذراند ماهیت چند بعدی بودن آن است. به این معنی که در تحلیل ساخت یا خرید در مورد قطعه یا قطعاتی برای مثال در یک شرکت تولیدی باید ابعاد مختلفی مانند هزینه، انعطاف‌پذیری، کیفیت و... در نظر گرفته شده و این تصمیم‌گیری استراتژیک با دیدی جامع و فراگیر انجام پذیرد.

روش‌شناسی که در این پژوهش به آن اشاره می‌شود سعی در نظرگیری موارد فوق می‌نماید تا چنین تصمیم‌گیری استراتژیکی از صحت بیشتری برخوردار شود.

نقاط برجسته روش‌شناسی این پژوهش را می‌توان در موارد ذیل برشمرد:

سازمانی در فرآیند ساخت یا خرید انجام شده است. او با تکیه بر تئوری‌های موجود، به پژوهش در مورد درجه مشارکت شرکای کلیدی سازمانی در فرآیند ساخت یا خرید و همچنین، اثر متغیرهای زمینه‌ای پرداخت (موسچریس^۱، ۲۰۰۸). پرابرت^{۱۰} یک روش شناسی چهار مرحله‌ای برای تصمیم‌گیری ساخت یا خرید ارائه کرد. او اذعان داشت که برای تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید باید از چهار مرحله عبور کرد که عبارتند از: ۱) ارزیابی داخلی شرکت ۲) تحلیل درونی / بیرونی ۳) تولید و ارزیابی حالت‌های مختلف ۴) انتخاب استراتژی بهینه (پرابرت، ۱۹۹۷). پلاتس^{۱۱} و همکارانش به توصیف یک روش شناسی ساختار یافته برای پاسخ به سوال ساخت یا خرید پرداختند و روش‌شناسی خود را مبتنی بر سه مرحله آماده سازی، جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل و نتیجه‌گیری قرار دادند (پلاتس و همکارانش، ۲۰۰۲). بورت^{۱۲} و همکارانش، کانز^۳ و همکارانش، استورات^{۱۳} و همکارانش و ونکاتسان^{۱۴} به بررسی تأثیر تیم‌های چند وظیفه‌ای بر تصمیم ساخت یا خرید پرداختند (بورت^{۱۲} و همکارانش، ۲۰۰۳؛ کانز^۳ و همکارانش، ۲۰۰۰؛ استورات^{۱۳} و همکارانش، ۱۹۹۱؛ ونکاتسان^{۱۴} و همکارانش، ۱۹۹۲). کورتلسا^{۱۵} و همکارانش به ارائه یک چارچوب بهینه‌سازی برای تصمیمات «ساخت - یا - خرید» در معماری نرم افزار پرداختند. آنها یک مدل بهینه‌سازی هزینه / کیفیت غیر خطی جهت تصمیم‌گیری ساخت یا خرید ارائه کرده و از این طریق به تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید پرداختند. آنها در مدل خود سعی در مینیمم کردن هزینه‌ها با در نظرگیری سطحی از کیفیت رضایت‌بخش کردند (کورتلسا و همکارانش، ۲۰۰۸). هوانگ^{۱۶} و همکارانش به تحلیل چند معیاره

الف) عدم در نظر گیری حالت صفر و یک ساخت یا خرید

به عبارت دیگر پژوهش حاضر به ارائه صرف «ساخت» یا «خرید» به صورت صفر و یک (فقط ساخت و یا فقط خرید) نمی‌پردازد بلکه این تصمیم‌گیری را بر روی یک طیف از خرید قطعه به صورت کامل و ساخت قطعه به صورت کامل می‌پردازد. در محیط واقعی، شرکت‌ها امکانات مختلفی به لحاظ تکنولوژیکی، مالی، کیفی و غیره در اختیار داشته که این امر به آنها کمک می‌کند تا در مورد تصمیم ساخت یا خرید تا حدی انعطاف داشته و صرفاً به آلترناتیوهای فقط خرید و فقط ساخت فکر نکرده و آلترناتیوهای مابین این دو عامل را نیز در نظر گیرند. در واقع اگر ساخت قطعه‌ای از محصولی از چندین مرحله تشکیل شده باشد، شرکت می‌تواند چند حالت مختلف را در مورد تصمیم خرید یا ساخت این قطعه در نظر گیرد. تصمیم‌گیرندگان چنین سیستمی می‌توانند قطعه را به صورت کامل شده خریداری کنند، یا خود به تولید تمام مراحل آن بپردازند و یا در حالت سوم برخی از مراحل را خود تولید کرده و برخی دیگر از مراحل را برون سپاری کنند.

ب) در نظر گیری تأمین کنندگان مختلف

یکی دیگر از ویژگی‌های روش‌شناسی حاضر این است که این روش‌شناسی صرفاً به ارائه راه‌کار در مورد ساخت یا خرید قطعات بسنده نکرده و پا را فراتر از این مطلب قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، روش‌شناسی حاضر علاوه بر این که نشان می‌دهد که قطعه باید خرید، یا ساخت و یا قسمتی از مراحل آن خرید و قسمتی دیگر ساخته شود، به ارائه راه‌کار در مورد این که اگر قطعه بخواهد به شکل کامل خرید شود (و یا قسمتی از مراحل آن برون سپاری شود)

کدام یک از تأمین کنندگان در این مورد مناسب‌تر از بقیه تأمین کنندگان می‌باشد نیز می‌پردازد.

ج) در نظر گیری عدم قطعیت

در دنیای واقع، کمتر عاملی را می‌توان یافت که از قطعیت 100 درصد برخوردار باشد و عوامل غالباً از میزانی تغییر پذیری برخوردارند. روش‌شناسی حاضر سعی بر آن دارد تا با استفاده از توابع توزیع آماری و منطق فازی، بحث عدم قطعیت در محیط‌های واقعی را نیز در برگیرد. لازم به توضیح است که روش ارائه شده در این مطالعه، به منظور بهره‌گیری از شبیه‌سازی، قادر به بررسی مسائلی با پارامترهای زمانی که از توابع توزیع عمومی (ویبول، نرمال، یکنواخت، نمایی، گاما و...) پیروی می‌کنند را دارد. به بیان دیگر در خطوط تولید پارامترهای زمانی را نمی‌توان همواره ثابت (قطعی) و یا تابع توزیع نمایی فرض کرد (فرضی که بیشتر مطالعات پیشین بر پایه آن استوار بوده‌اند)، روش پیشنهادی این مطالعه به منظور بهره‌گیری از شبیه‌سازی امکان در نظرگیری پارامترهای زمانی با هر تابع توزیعی را به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد. از جمله پارامترهای زمانی مهم در خطوط تولید می‌توان به زمان پردازش ماشین آلات، مدت زمان بین خرابی ماشین آلات و مدت زمان تعمیر ماشین آلات پرداخت که این مطالعه، امکان در نظرگیری توابع توزیع عمومی برای پارامترهای فوق را میسر می‌سازد.

د) بررسی مسئله از ابعاد مختلف

یکی دیگر از مسائل بسیار مهم در امر تصمیم‌گیری ساخت یا خرید، در نظرگیری ماهیت چند بعدی چنین تصمیم‌گیری است. در واقع تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید قطعات را باید با در نظرگیری معیارهای مختلف تصمیم‌گیری که بر این امر اثر

نیز می‌باشند و صرفاً نظرات تصمیم گیرندگان را در نظر نمی‌گیرند. بنابر این، با توجه به استراتژیک بودن موضوع برای تصمیم گیرندگان و اهمیت بسیار بالای نظر تصمیم گیرندگان در چنین موضوعی، در این پژوهش از روش AHP استفاده شده است تا نظرات تصمیم گیرندگان تمام و کمال در نظر گرفته شود.

۲,۵. تعیین آترناتیو های تصمیم گیری (با در نظر گیری مراحل تولید و تأمین کنندگان مختلف)

۲,۶. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری (با استفاده از شبیه‌سازی شبکه صف، اطلاعات موجود و نظر سنجی از تصمیم گیرندگان)

۲,۷. حل ماتریس تصمیم‌گیری به روش TOPSIS فازی و انتخاب بهترین آترناتیو (Fuzzy Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution)

۲,۷,۱. مجموعه‌های فازی، اعداد فازی و متغیرهای زبانی

در این بخش به توضیحی در مورد برخی تعاریف پایه‌ای مجموعه‌های فازی، اعداد فازی و متغیرهای زبانی پرداخته می‌شود (بوکلی^{۱۷}، ۱۹۸۵؛ چن^{۱۸}، ۲۰۰۰؛ کافمن^{۱۹} و گوپتا^{۲۰}، ۱۹۸۵؛ کلیر^{۲۱} و یوان^{۲۲}، ۱۹۹۵؛ زاده^{۲۳}، ۱۹۷۵)

تعریف: یک مجموعه فازی \tilde{A} بر روی X به وسیله یک تابع عضویت $\mu_{\tilde{A}}(x)$ که مرتبط با هر عنصر x در X که تمام اعداد بازه $[0, 1]$ را شامل می‌شود مشخص می‌شود. مقدار ارزش تابع $\mu_{\tilde{A}}(x)$ نشان دهنده درجه عضویت در \tilde{A} است.

تعریف: یک مجموعه فازی \tilde{A} بر روی X محدب است اگر و تنها اگر:

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

گذارند، در نظر گرفت و به بررسی و تحلیل پرداخت. بنابر این مطالعه حاضر، سعی در ارزیابی این تصمیم‌گیری با در نظرگیری شاخص‌ها و معیارهای مختلف تصمیم‌گیری دارد.

این مقاله به شکل زیر سازماندهی شده است: در بخش ۲ روش پژوهش و روش‌شناسی پیشنهادی ارائه می‌شود؛ بخش ۳ به بررسی کارکرد روش‌شناسی پیشنهادی در یک سازمان تولیدی در قالب یک مطالعه موردی می‌پردازد؛ در بخش ۴ و ۵ بحث و نتیجه‌گیری به ترتیب مطرح شده است؛ در بخش ۶ پی‌نوشت و در نهایت فهرست منابع معرفی می‌شوند.

۲. روش پژوهش و روش‌شناسی پیشنهادی

روش‌شناسی این پژوهش مشتمل بر ۷ گام است که به شرح ذیل می‌باشد.

۲,۱. تعیین قطعه‌ای که باید تصمیم ساخت یا خرید در مورد آن انجام پذیرد و تعیین مراحل تولید آن

۲,۲. شناسایی تأمین کنندگانی که قادر به تولید قطعه می‌باشند

۲,۳. تعیین شاخص‌های تصمیم‌گیری

۲,۴. تعیین وزن شاخص‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process AHP)

با توجه به این مطلب که ماهیت شاخص‌ها در این مسئله به گونه‌ای است که اهمیت نسبی شاخص‌ها از هر تصمیم گیرنده به تصمیم گیرنده دیگر می‌تواند متفاوت باشد و این تغییرات در جواب‌های نهایی تأثیر می‌گذارد از این روی برای تعیین وزن شاخص‌ها از روش AHP استفاده شده است چرا که در روش AHP می‌توان نظرات تصمیم‌گیرندگان را به طور مناسبی در نظر گرفت. اما روش‌هایی مانند آنتروپی شنون متأثر از مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری

یک عدد غیر فازی r می تواند به صورت (r, r, r) بیان شود. توسط قانون بسط (زیمرمن^{۲۴}، ۱۹۹۶)، جمع و تفریق دو عدد فازی مثلثی همچنان عددی فازی مثلثی است؛ اما حاصلضرب دو عدد فازی تنها تخمینی از عدد فازی مثلثی است. با در نظرگیری هر دو عدد فازی مثلثی $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ و $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$ و عملیات اصلی اعداد فازی \tilde{a} و \tilde{b} می تواند به صورت ذیل مطرح شود:

$$\tilde{a} + \tilde{b} = [a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3] \quad (۳)$$

$$-\tilde{b} = [-b_3, -b_2, -b_1] \quad (۴)$$

$$\tilde{a} - \tilde{b} = [a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1] \quad (۵)$$

$$\tilde{a} \times r = [a_1 r, a_2 r, a_3 r] \quad (۶)$$

$$\tilde{a} \times \tilde{b} \cong [a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3] \quad (۷)$$

$$\frac{\tilde{a}}{\tilde{b}} = \left[\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1} \right] \quad (۸)$$

تعریف: یک ماتریس \tilde{D}

یک ماتریس فازی نامیده می شود اگر حداقل یک عنصر آن عددی فازی باشد

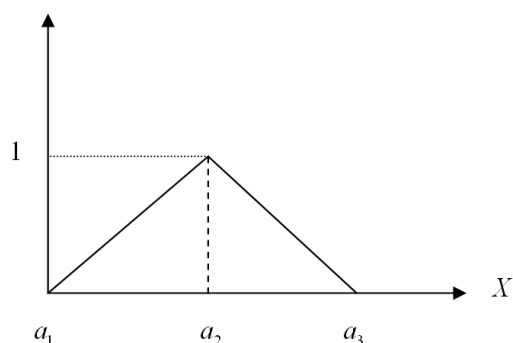
تعریف - یک متغیر زبانی متغیری است که مقادیر آن به صورت واژه های زبانی بیان شود. اعداد فازی می تواند بیانگر این ارزش های زبانی باشد (جدول ۱).

برای تمام x_1 و x_2 و تمام X ها، که \min نشان دهنده عملگر حداقل می باشد.

تعریف: ارتفاع یک مجموعه فازی به اندازه بلندترین درجه عضویت به دست آمده توسط عناصر مجموعه است. یک مجموعه فازی \tilde{A} بر روی X نرمالایزه شده نامیده می شود وقتی که ارتفاع \tilde{A} برابر ۱ باشد. **تعریف -** یک عدد فازی زیر مجموعه ای از مجموعه فازی بر روی X است که هم محدب و هم نرمال باشد.

تعریف: یک عدد فازی مثلثی \tilde{a} می تواند به صورت (a_1, a_2, a_3) تعریف شود (شکل ۱). تابع عضویت $\mu_{\tilde{a}}(x)$ در این عدد فازی مثلثی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0 & a_1 > x \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{x - a_3}{a_2 - a_3} & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & a_3 < x \end{cases} \quad (۲)$$



شکل (۱): عدد فازی مثلثی \tilde{a}

جدول (۱): متغیرهای زبانی برای رتبه بندی

Linguistic variables	
خیلی ضعیف	(0 1 1)
ضعیف	(0 1 3)
متوسط ضعیف	(1 3 5)
متوسط	(3 5 7)
متوسط خوب	(5 7 9)
خوب	(7 9 10)
خیلی خوب	(9 9 10)

TOPSIS را در یک محیط فازی ارائه کردند (چن و همکارانش، ۲۰۰۶) که مراحل اجرای آن به شرح ذیل است:

قدم اول: تشکیل ماتریس نرمالیزه شده:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (10)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \quad j \in B \quad (11)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{b_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^-} \right) \quad j \in C \quad (12)$$

که B مجموعه شاخص‌های از جنس منفعت و C مجموعه شاخص‌های از جنس هزینه می باشد.

$$c_j^+ = \max_i (c_{ij}), \quad a_j^- = \min_i (a_{ij})$$

قدم دوم: تشکیل ماتریس وزن‌دهی شده:

$$(13)$$

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad \& \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

که:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (14)$$

و همچنین وزن‌های فازی هر معیار می باشد.

تعریف: با در نظرگیری $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ و $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$ به عنوان دو عدد فازی مثلثی، می‌توان فاصله این دو عدد را توسط رابطه ذیل محاسبه کرد:

$$d = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (9)$$

۲،۷،۲. حل ماتریس تصمیم‌گیری به روش

TOPSIS فازی

در این بخش ابتدا به ارائه یک روش TOPSIS فازی که در ادبیات تحقیق موجود است می‌پردازیم و سپس یک روش TOPSIS فازی پیشنهادی که توسعه یافته مدل کروهلینگ و کمپنهارو (کروهلینگ و کمپنهارو، ۲۰۱۱) می‌باشد برای حل مسائل گروهی معرفی می‌شود.

الف) روش TOPSIS فازی

روش TOPSIS توسط هوانگ^{۱۶} و یون^{۲۴} معرفی شد (هوانگ و یون، ۱۹۸۱). روش TOPSIS روشی برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره به شمار می‌رود. چن^{۱۸} و همکارانش ویرایش توسعه یافته‌ای از

ب) TOPSIS فازی گروهی پیشنهادی فرض کنید یک گروه (G) شامل L تصمیم گیرنده است که تمامی این افراد در فرآیند تصمیم گیری شرکت می کنند. همچنین، بردارهای وزن هر تصمیم گیرنده عبارت است از:

$$W^l = (w_1^l, w_2^l, \dots, w_n^l); l = 1, \dots, L$$

به طوری که هر w_j^l نشان دهنده وزن تخصیص داده شده به شاخص c_j توسط تصمیم گیرنده l است. همچنین هر عضو گروه یک درجه اهمیت دارد که با α نشان داده شده و:

$$0 \leq \alpha_l \leq 1, \sum_{l=1}^L \alpha_l = 1.$$

قدم ۱: ماتریس تصمیم گیری فازی را برای هر تصمیم گیرنده تنظیم کرده و آن را با استفاده از روابط (۱۱) و (۱۲) نرمالایز کنید $\tilde{P} = [\tilde{P}_{ij}]$. بنابراین ماتریس تصمیم گیری فازی نرمالایز شده $\tilde{P}^l = [\tilde{P}_{ij}^l]_{m \times n}$ برای هر تصمیم گیرنده l عبارت است از:

$$\tilde{P}^l = \begin{bmatrix} w_1^l \tilde{p}_{11} & \dots & w_n^l \tilde{p}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1^l \tilde{p}_{m1} & \dots & w_n^l \tilde{p}_{mn} \end{bmatrix} \quad l = 1, 2, \dots, L$$

قدم ۲: جواب ایده آل مثبت A^+ (منفعت) و ایده آل منفی A^- (هزینه) را برای ماتریس تصمیم گیری هر عضو شناسایی کنید.

$$A^+ = (\tilde{p}_1^+, \tilde{p}_2^+, \dots, \tilde{p}_m^+) \dots \dots \quad (21)$$

$$A^- = (\tilde{p}_1^-, \tilde{p}_2^-, \dots, \tilde{p}_m^-) \dots \dots \quad (22)$$

قدم سوم: تعیین آترناتیو ایده آل مثبت (A^+) و ایده آل منفی (A^-) که به صورت ذیل تعریف می شوند:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \quad (15)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (16)$$

که:

$$\tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\} \& \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij}\}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m \& j = 1, 2, 3, \dots, n$$

قدم چهارم: محاسبه فاصله بین هر آترناتیو از آترناتیوهای ایده آل مثبت و منفی:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (17)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (18)$$

که $d_v(\cdot, \cdot)$ فاصله بین دو عدد فازی است.

قدم پنجم: محاسبه نزدیکی نسبی آترناتیوها به راه حل ایده آل ضریب نزدیکی نسبی آترناتیوها به راه حل ایده آل با استفاده از رابطه ذیل محاسبه می شود:

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (19)$$

قدم ۶: با توجه به رابطه ۱۹ و محاسبه آن برای تمام آترناتیوها، آترناتیوی که ضریب نزدیکی نسبی آن از بقیه بیشتر باشد، به عنوان بهترین آترناتیو تعیین می شود.

قدم ۳: فاصله هر آلترناتیو را از آلترناتیو ایده آل و ضد ایده آل به ترتیب به صورت زیر برای هر تصمیم گیرنده محاسبه کنید.

$$d_i^{+l} = \sum_{j=1}^n d(\tilde{p}_{ij}^l, \tilde{p}_{ij}^{+l}) \quad i = 1, \dots, m; l = 1, \dots, L \quad (29)$$

$$d_i^{-l} = \sum_{j=1}^n d(\tilde{p}_{ij}^l, \tilde{p}_{ij}^{-l}) \quad i = 1, \dots, m; l = 1, \dots, L \quad (30)$$

فواصل با استفاده از رابطه (۹) محاسبه می شود.

قدم ۴: نزدیکی نسبی برای هر آلترناتیو و در هر ماتریس تصمیم گیرندگان را محاسبه کنید.

$$(31)$$

$$\xi^l(A_i) = \frac{d_i^{-l}}{d_i^{+l} + d_i^{-l}} \quad i = 1, \dots, m; l = 1, \dots, L$$

بعد از محاسبه $\xi^l(A_i)$ برای هر عضو l ماتریس نزدیکی نسبی به صورت زیر می تواند تشکیل شود.

$$C = \begin{bmatrix} \xi^l(A_1) & \dots & \xi^L(A_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \xi^l(A_m) & \dots & \xi^L(A_m) \end{bmatrix} \quad (32)$$

حال می توان درجه اهمیت اعضای گروه را در ماتریس فوق تأثیر داد.

$$C\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 \xi^l(A_1) & \dots & \alpha_L \xi^L(A_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_1 \xi^l(A_m) & \dots & \alpha_L \xi^L(A_m) \end{bmatrix} \quad (33)$$

قدم ۵: جواب ایده آل گروهی و ضد ایده آل گروهی را به صورت زیر تعیین کنید:

به طوری که:

$$\tilde{p}_j^{+l} = \left(\max_i \tilde{p}_{ij}^l, j \in J_1; \min_i \tilde{p}_{ij}^l, j \in J_2 \right) \quad (23)$$

$$\tilde{p}_j^{-l} = \left(\min_i \tilde{p}_{ij}^l, j \in J_1; \max_i \tilde{p}_{ij}^l, j \in J_2 \right) \quad (24)$$

به طوری که J_1 و J_2 نشان دهنده به ترتیب منفعت و هزینه هستند. برای پیدا کردن مینیمم و ماکزیمم اعداد فازی در هر ستون ماتریس تصمیم گیری با در نظرگیری $\tilde{a} = (m, \alpha, \beta)$ و $\tilde{b} = (m, \alpha, \beta)$ عنوان دو عدد فازی که m نشان دهنده نقطه وسط عدد فازی می باشد، از رتبه بندی اعداد فازی ارائه شده توسط سدا (سدا، ۲۰۰۶) به صورت زیر استفاده کنید.

اگر $y = \frac{x - \alpha}{m - \alpha}$ ، دو تابع برای هر عدد فازی به صورت زیر می توان تعریف کرد:

$$\begin{aligned} g_{\tilde{a}}^L &= \alpha + (m - \alpha)y \\ g_{\tilde{a}}^R &= \beta + (m - \beta)y \end{aligned} \quad (25)$$

و داریم:

$$\tilde{x}_0 = \frac{\int_{\text{supp}\tilde{a}} x \mu_{\tilde{a}}(x) dx}{\int_{\text{supp}\tilde{a}} \mu_{\tilde{a}}(x) dx} \quad (26)$$

$$\tilde{y}_0 = \frac{\int_0^1 (yg_{\tilde{a}}^L) dy + \int_0^1 (yg_{\tilde{a}}^R) dy}{\int_0^1 (g_{\tilde{a}}^L) dy + \int_0^1 (g_{\tilde{a}}^R) dy} \quad (27)$$

همچنین داریم:

$$R(\tilde{a}) = \sqrt{(\tilde{x}_0)^2 + (\tilde{y}_0)^2} \quad (28)$$

در نتیجه $\tilde{a} < \tilde{b}$ اگر و تنها اگر $R(\tilde{a}) < R(\tilde{b})$.

$$A_G^+ = (p_{G1}^+, p_{G2}^+, \dots, p_{GL}^+) = \left(\max_i \alpha_1 \xi^1(A_i), \max_i \alpha_2 \xi^2(A_i), \dots, \max_i \alpha_L \xi^L(A_i) \right) \quad (34)$$

$$A_G^- = (p_{G1}^-, p_{G2}^-, \dots, p_{GL}^-) = \left(\min_i \alpha_1 \xi^1(A_i), \min_i \alpha_2 \xi^2(A_i), \dots, \min_i \alpha_L \xi^L(A_i) \right) \quad (35)$$

می‌رود، درپوش‌های آلومینیومی است. قطعه مذکور از ۷ مرحله تولیدی تشکیل شده که در حال حاضر، شرکت این قطعه را به صورت کامل شده از تأمین کننده A خریداری می‌کند (تمام مراحل تولید این قطعه توسط تأمین کننده A انجام می‌شود) و در این مطالعه طی مراحل طی که در ادامه آورده شده است سعی می‌شود تا تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید این قطعه صورت پذیرد.

۳.۱. تعیین قطعه‌ای که باید تصمیم ساخت یا خرید در مورد آن صورت پذیرد و تعیین مراحل تولید آن

در این مرحله، باید قطعه‌ای که تصمیم گیرندگان خواهان تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا تولید آن هستند، تعیین شود. این قطعه می‌تواند در هر قسمتی از فرآیند تولید به کار رفته و می‌تواند از یک یا چندین مرحله تولید تشکیل شده باشد. بنابر این در این مرحله باید ابتدا قطعه مورد نظر مشخص شده و در ادامه، مراحل تولید آن مستند شود. در مطالعه موردی این پژوهش همان طور که پیشتر ذکر شد، تصمیم گیرندگان خواهان تصمیم‌گیری در مورد خرید یا ساخت درپوش نوعی موتور الکتریکی می‌باشند که فرآیند تولید آن در شکل (۲) ارائه شده است.

قدم ۶: فواصل هر آلترناتیو را از آلترناتیو ایده‌آل و ضد ایده‌آل به صورت زیر محاسبه کنید.

$$d_{Gi}^+ = \sqrt{\sum_{l=1}^L (\alpha_l \xi^l(A_i) - p_{Gl}^+)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (36)$$

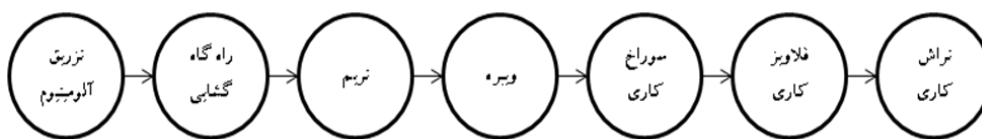
$$d_{Gi}^- = \sqrt{\sum_{l=1}^L (\alpha_l \xi^l(A_i) - p_{Gl}^-)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (37)$$

قدم ۷: نزدیکی نسبی گروهی آلترناتیوها را به صورت زیر محاسبه کرده و آلترناتیوها را رتبه‌بندی کنید. بهترین آلترناتیو، آلترناتیوی است که $\xi_G^+(A_i)$ بالاتری داشته باشد.

$$\xi_G^+(A_i) = \frac{d_{Gi}^-}{d_{Gi}^+ + d_{Gi}^-} \quad (38)$$

۳. مطالعه موردی

جهت بررسی عملکرد روش شناسی این پژوهش، این روش شناسی در یک شرکت تولیدی استفاده شد. شرکت تولیدی مذکور شرکتی در زمینه تولید موتورهای الکتریکی بوده که در حدود ۲۳ سال از عمر آن می‌گذرد. یکی از خطوط تولید این شرکت مربوط به تولید نوعی موتور الکتریکی است که فرآیند تولید خاص خود را دارا می‌باشد. یکی از قطعات اصلی که در تولید این محصول به کار



شکل (۲): مراحل تولید درپوش آلومینیومی

مطالعه ادبیات موضوع، شاخص‌های تصمیم‌گیری که بیشترین فراوانی را بین تحقیقات پیشین داشتند مشخص شدند. شایان ذکر است، برخی از شاخص‌های یافت شده در این پژوهش با اندکی تغییر به کار رفته‌اند که به ضرورت در هر شاخص دلیل آن توضیح داده شده است.

خروجی خط: نشان دهنده میزان محصول نهایی تولید شده در یک بازه زمانی است. یکی از شاخص‌هایی که در ادبیات پژوهش وجود دارد، مدت زمان تحویل (lead time) است (پادیلو و دیابی، ۱۹۹۹) با توجه به این امر که مدت زمان تحویل تأمین کنندگان می‌تواند احتمالی باشد (و از هر تابع توزیعی پیروی کند، مانند نرمال، نمایی، گاما و... .) به جای در نظرگیری شاخص مدت زمان تحویل، شاخص خروجی خط در یک بازه زمانی در نظر گرفته شده که این شاخص از شبیه‌سازی شبکه صف به دست می‌آید. نکته‌ای که در مورد این شاخص وجود دارد این است که با توجه به در نظرگیری عدم قطعیت و پیروی زمان‌های تحویل تأمین کنندگان از توابع توزیع آماری (به صورت تصادفی) و همچنین زمان پردازش قطعات در ایستگاه‌های مختلف به صورت زمان‌های تصادفی، به نظر می‌رسد، بهترین روش برای دستیابی به خروجی خط در یک بازه زمانی، شبیه‌سازی تأمین از طرف تأمین کنندگان و شبیه‌سازی خط تولید اصلی

۳،۲. شناسایی تأمین کنندگانی که قادر به تولید

قطعه می‌باشند

تأمین کننده به عضوی از زنجیره تأمین اطلاق می‌شود که جایگاه آن در زنجیره تأمین به صورت بالا دست نسبت به شرکت مد نظر بوده و مواد اولیه، قطعات و یا محصولات را به شرکت مد نظر می‌فروشد (سرماه^{۲۰} و همکارانش، ۲۰۰۶). در این مرحله باید تأمین کنندگانی که قادر به تولید قطعه می‌باشند شناسایی شده و برای تحلیل‌های بعدی مد نظر قرار گیرند. در مطالعه موردی این پژوهش با در نظرگیری نظرات تصمیم گیرندگان، سه تأمین کننده برای تولید این قطعه مشخص شد. لازم به توضیح است که سه تأمین کننده انتخاب شده، همگی قادر به تولید تمام مراحل تولید قطعه می‌باشند که می‌توان بخشی یا تمام مراحل تولید را به یکی از آنها برون سپاری کرد. در ادامه این سه تأمین کننده با نام تأمین کننده‌های A، B و C شناسایی می‌شوند.

۳،۳. تعیین شاخص‌های تصمیم‌گیری

یکی از مراحل مهم در این روش شناسایی تعیین شاخص‌های تصمیم‌گیری می‌باشد. همان طور که پیشتر ذکر شد، مطالعه حاضر با دیدی چند بعدی به مسئله تصمیم‌گیری ساخت یا خرید، نگاه کرده و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره سعی در دستیابی به جواب مطلوب دارد. به این منظور با

خطر کاهش شایستگی های محوری - یکی از موارد و خطرات مهمی که در بحث برون سپاری به چشم می خورد، خطر کاهش شایستگی های محوری در صورت برون سپاری است. در واقع وقتی تولید قطعه ای برون سپاری می شود، این امکان وجود دارد که تا حدی شایستگی های محوری شرکت اصلی به دلیل فاش شدن مشخصات طراحی و ساخت قطعه کاهش یابد (هومفریز و همکارانش، ۲۰۰۲). این شاخص در مطالعه حاضر به صورت شاخصی کیفی در نظر گرفته شده که با استفاده از تبدیل عبارتهای کلامی به اعداد فازی، در محاسبات منظور می شود. در مورد این شاخص می توان این مطلب را مطرح کرد که هر چه مراحل بیشتری از تولید قطعه ای را برون سپاری کنیم، احتمال کاهش شایستگی های محوری منطقی افزایش می یابد.

انعطاف پذیری: اشاره به میزان تغییر پذیری مطلوب داشته و می تواند از دیدگاه های مختلفی مد نظر قرار گیرد مانند انعطاف پذیری در طرح محصول (برای مثال میزان انعطافی که یک تأمین کننده در صورت درخواست تغییر طرح از سوی تولید کننده اصلی داراست)، پرداخت ها (میزان انعطاف پذیری زمانی که می توان با تأمین کننده آم در مورد پرداخت ها قائل شد)، انعطاف پذیری زمانی (مدت زمان تحویل)، انعطاف پذیری مقداری (مقدار تولید) (سنایی^{۳۷} و همکارانش، ۲۰۰۸). این شاخص در مطالعه حاضر به صورت شاخصی کیفی در نظر گرفته شده که با استفاده از تبدیل عبارتهای کلامی به اعداد فازی، در محاسبات منظور می شود.

تناسب استراتژیک: نشان دهنده میزان هماهنگی آلترناتیو A با اهداف و برنامه های استراتژیک

کارخانه مورد نظر (به صورت شبکه صف) می باشد. برای این منظور و برای شبیه سازی شبکه های صف در این پژوهش از نرم افزار MATLAB استفاده شده است.

کیفیت: نشان دهنده میزان قابل قبول بودن محصولات و قطعات می باشد (مدرونرو^{۳۶} و همکارانش، ۲۰۱۰). شاخص کیفیت در این پژوهش به صورت درصد ضایعات محصول نهایی در نظر گرفته شده است و در واقع به صورت عدم کیفیت، آلترناتیوها را ارزیابی می کند. این شاخص نیز با استفاده از شبیه سازی شبکه صف قابل حصول بوده و میزانی از ضایعات محصول نهایی را نشان می دهد که در صورت اجرای آلترناتیو A حاصل می گردد.

هزینه واحد محصول - نشان دهنده هزینه تمام شده هر واحد محصول در صورت اجرای آلترناتیو A می باشد (مدرونرو^{۳۶} و همکارانش، ۲۰۱۰). مقدار این شاخص با در نظرگیری قیمت خرید هر واحد از قطعه در هر مرحله از هر تأمین کننده، هزینه ثابت تولید قطعه (در ازای راه اندازی و خرید ماشین آلات جهت تولید قطعه) و هزینه متغیر تولید هر قطعه به دست می آید. در مورد آلترناتیوهایی که کل مراحل توسط تأمین کننده انجام می شود، تنها هزینه خرید قطعه از تأمین کننده مد نظر قرار می گیرد. اما در آلترناتیوهایی که بخشی از مراحل توسط تأمین کننده صورت گرفته و بخشی دیگر توسط شرکت اصلی تولید می شود، شرکت متحمل سه هزینه فوق یعنی هزینه خرید به ازای واحد محصول، هزینه ثابت راه اندازی مراحل از تولید و هزینه های متغیر به ازای واحد محصول می شود.

جهت تعیین وزن شاخص‌ها در این مطالعه از روش AHP بهره گرفته شده است. AHP یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است که برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد. این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد (قدسی پور، ۱۳۸۵).

کلیه مقایسه‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد (جدول ۲). در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر *i* با عنصر *j* مقایسه شود تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت *i* بر *j* یکی از حالات زیر است:

شرکت است (هومفریز و همکارانش، ۲۰۰۲). استراتژی شرکت‌ها در مورد میزان برون سپاری متفاوت از یکدیگر است. استراتژی برخی شرکت‌ها به برون سپاری بیشتر متمایل است که نتیجه آن کاهش اندازه سازمان است و برخی دیگر از سازمان‌ها تمایل به درونی‌سازی هرچه بیشتر تولید دارند. بنابراین میزان تناسب استراتژیک آلترناتیوها می‌تواند به عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده مد نظر قرار گیرد. این شاخص در مطالعه حاضر به صورت شاخصی کیفی در نظر گرفته شده که با استفاده از تبدیل عبارت‌های کلامی به اعداد فازی، در محاسبات منظور می‌شود.

۳،۴. تعیین وزن شاخص‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

جدول (۲): مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی (قدسی پور، ۱۳۸۵)

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
۹	Extremely preferred	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر و یا کاملاً مطلوب تر
۷	Very strongly preferred	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	Strongly preferred	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	Moderately preferred	کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوب تر
۱	Equally preferred	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲، ۴، ۶، ۸		ترجیحات بین فواصل فوق

به وزن شاخص‌ها در این پژوهش از نرم افزارهای Expert choice و MATLAB کمک گرفته شده است و همان طور که در قسمت پایین جدول (۳) مشاهده می‌شود، نرخ ناسازگاری ماتریس ادغام شده ۰،۰۴۱۷ است که طبق نظر ساعتی با توجه به کمتر بودن این عدد از ۰،۱ می‌توان اذعان کرد که نرخ ناسازگاری ماتریس ذیل در حد مطلوب قرار دارد.

در این مطالعه، همان طور که ذکر شد برای تعیین وزن شاخص‌ها از روش AHP استفاده شده است. برای این منظور، از جامعه تصمیم‌گیرندگان (متشکل از ۱۲ نفر از مدیران ذیربط) خواسته شد تا مقایسات زوجی بین شاخص‌ها را انجام دهند. نتایج این مقایسات در قالب جدول ۳ به صورت ماتریس ادغام شده (به وسیله میانگین هندسی) قابل مشاهده است. جهت تحلیل ماتریس‌های مقایسات زوجی و دستیابی

جدول (۳): ماتریس ادغام شده مقایسات زوجی شاخص‌ها

وزن	هزینه واحد محصول	کیفیت	خروجی خط	انعطاف پذیری	تناسب استراتژیک	خطر کاهش مزیت رقابتی	ماتریس ادغام شده
0.1466	3.73	2.14	0.28	3.1	0.39	1	خطر کاهش مزیت رقابتی
0.2483	3.32	2.86	0.45	5.47	1	2.57	تناسب استراتژیک
0.0539	2.17	0.33	0.15	1	0.18	0.32	انعطاف‌پذیری
0.3995	6.55	3.52	1	6.77	2.22	3.52	خروجی خط
0.1071	3	1	0.28	3	0.35	0.47	کیفیت
0.0445	1	0.33	0.15	0.46	0.3	0.27	هزینه واحد محصول
I.R.=		0.0417					

شبهه‌سازی مدت زمان‌های تحویل تأمین کنندگان به دست آمده است.

۳,۶,۱. شبهه‌سازی خط تولید

شبهه‌سازی تقلیدی از عملکرد یا سیستم واقعی با گذشت زمان است. شبهه‌سازی، صرف‌نظر از اینکه با دست یا به وسیله کامپیوتر انجام شود، به ایجاد ساختگی تاریخچه سیستم، و بررسی آن به منظور دستیابی به نتیجه‌گیری‌هایی در مورد ویژگی‌های عملکرد سیستم واقعی مربوط می‌شود (بنکس و کارسن، ۱۳۸۲).

علت به کارگیری شبهه‌سازی در این مطالعه، این بود که: (۱) شبکه صف مراحل تولید از پیچیدگی بالایی برخوردار بوده و همچنین، در برخی ایستگاه‌ها توابع توزیع آماری غیر نمایی (مانند نرمال، یکنواخت و غیره) وجود داشت که این شبکه تنها توسط شبهه‌سازی قابل تجزیه و تحلیل است و (۲) برای بررسی اثر آلترناتیوهای مختلف نمی‌توان هر آلترناتیو را در واقعیت اجرا کرد و اثر آن را بررسی نمود و در واقع، انجام چنین کاری به هیچ وجه منطقی و مقرون به صرفه نمی‌باشد، بنابراین این برای

۳,۵. تعیین آلترناتیوهای تصمیم‌گیری

همان‌طور که پیشتر ذکر شد، آلترناتیوهایی که در این مطالعه مد نظر قرار می‌گیرند، بر روی طیفی از خرید قطعه کامل شده تا ساخت کامل قرار داشته و تأمین کنندگان را نیز در بر می‌گیرد. آلترناتیوهای تعریف شده در مطالعه موردی این پژوهش، شامل ۲۲ آلترناتیو می‌باشد که بر روی طیفی از خرید درپوش کامل شده (برون سپاری هر هفت مرحله) تا ساخت قطعه به شکل کامل در داخل کارخانه (ساخت تمامی مراحل در داخل کارخانه) قرار دارد که این آلترناتیوها در جدول ۴ قابل مشاهده است.

۳,۶. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

از بین شش شاخصی که در بخش ۳ - ۳ معرفی شدند، سه شاخص به صورت کمی بوده و سه شاخص دیگر به صورت کیفی می‌باشند. اولین شاخصی که در بخش ۳ - ۳ معرفی شد، شاخص خروجی خط بود. این شاخص همان‌طور که پیشتر ذکر شد توسط شبهه‌سازی خط تولید کارخانه و

جدول (۴): آلترناتیوهای ساخت، خرید و ترکیبی

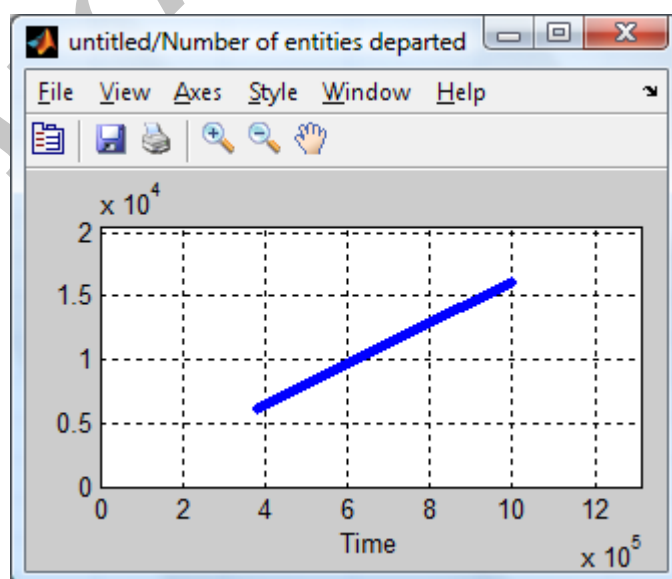
ردیف	آلترناتیو
1	خرید درپوش کامل شده (برون سپاری از مرحله ۱ تا آخر مرحله ۷) از تأمین کننده A
2	خرید درپوش کامل شده (برون سپاری از مرحله ۱ تا آخر مرحله ۷) از تأمین کننده B
3	خرید درپوش کامل شده (برون سپاری از مرحله ۱ تا آخر مرحله ۷) از تأمین کننده C
4	خرید درپوش در پایان مرحله ۶ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۶) از تأمین کننده A و انجام مرحله ۷ توسط کارخانه
5	خرید درپوش در پایان مرحله ۶ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۶) از تأمین کننده B و انجام مرحله ۷ توسط کارخانه
6	خرید درپوش در پایان مرحله ۶ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۶) از تأمین کننده C و انجام مرحله ۷ توسط کارخانه
7	خرید درپوش در پایان مرحله ۵ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۵) از تأمین کننده A و انجام مرحله ۶ و ۷ توسط کارخانه
8	خرید درپوش در پایان مرحله ۵ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۵) از تأمین کننده B و انجام مرحله ۶ و ۷ توسط کارخانه
9	خرید درپوش در پایان مرحله ۵ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۵) از تأمین کننده C و انجام مرحله ۶ و ۷ توسط کارخانه
10	خرید درپوش در پایان مرحله ۴ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۴) از تأمین کننده A و انجام مرحله ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
11	خرید درپوش در پایان مرحله ۴ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۴) از تأمین کننده B و انجام مرحله ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
12	خرید درپوش در پایان مرحله ۴ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۴) از تأمین کننده C و انجام مرحله ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
13	خرید درپوش در پایان مرحله ۳ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۳) از تأمین کننده A و انجام مرحله ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
14	خرید درپوش در پایان مرحله ۳ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۳) از تأمین کننده B و انجام مرحله ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
15	خرید درپوش در پایان مرحله ۳ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۳) از تأمین کننده C و انجام مرحله ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
16	خرید درپوش در پایان مرحله ۲ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۲) از تأمین کننده A و انجام مرحله ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
17	خرید درپوش در پایان مرحله ۲ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۲) از تأمین کننده B و انجام مرحله ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
18	خرید درپوش در پایان مرحله ۲ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۲) از تأمین کننده C و انجام مرحله ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
19	خرید درپوش در پایان مرحله ۱ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۱) از تأمین کننده A و انجام مرحله ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
20	خرید درپوش در پایان مرحله ۱ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۱) از تأمین کننده B و انجام مرحله ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
21	خرید درپوش در پایان مرحله ۱ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۱) از تأمین کننده C و انجام مرحله ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ توسط کارخانه
22	ساخت کامل درپوش (از مرحله ۱ تا آخر مرحله ۷) توسط کارخانه

گرفته شد. برای شبیه‌سازی شبکه صف در این مطالعه از ابزار simulink در نرم افزار MATLAB کمک گرفته شد. (امیری و محتشمی، ۲۰۱۲)، به این صورت که هر آلترناتیو به صورت مجزا مورد طراحی شبکه صف و شبیه‌سازی توسط نرم افزار

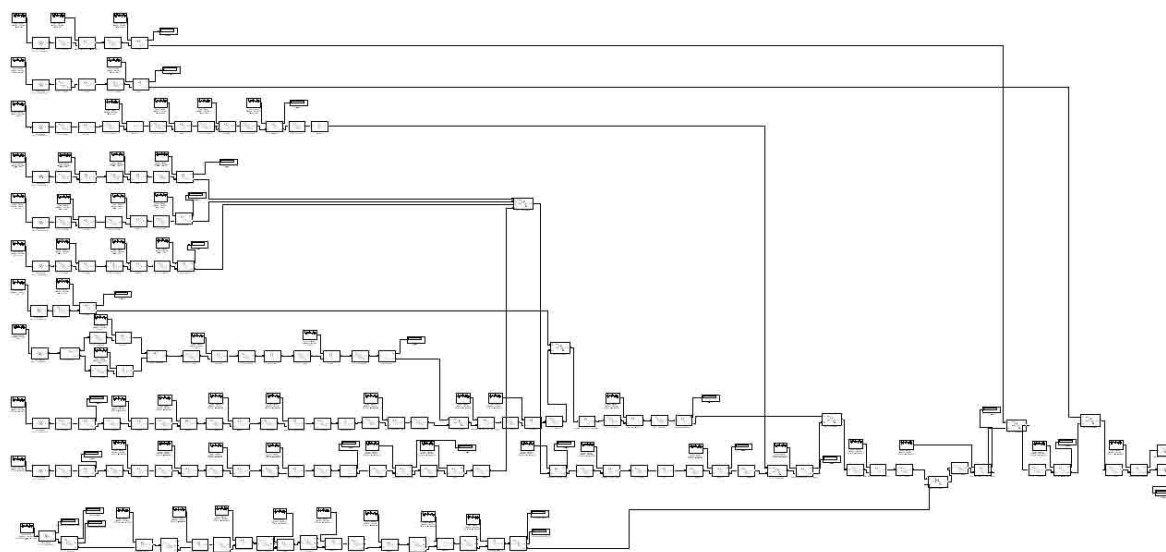
تجزیه و تحلیل این دست از اطلاعات می‌توان از شبیه‌سازی بهره برد. برای شبیه‌سازی خط تولید کارخانه، شبکه تقدم و تأخر ایستگاه‌های کاری ترسیم شده و این شبکه به شکل یک شبکه صف که ورودی آن مواد اولیه و قطعات نیمه ساخته می‌باشد، در نظر

خط در بازه زمانی (۱,۰۰۰,۰۰۰ واحد زمانی) می‌باشد. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، خروجی خط در وضع موجود سیستم یعنی آلترناتیو (۱) (برون سپاری از مرحله ۱ تا آخر مرحله ۷) از تأمین کننده (A)، در بازه زمانی ۱,۰۰۰,۰۰۰ واحد زمانی (محور افقی نشان دهنده ۱,۰۰۰,۰۰۰ می‌باشد که نشان دهنده زمان پایان شبیه سازی است) ۱۶,۱۱۹ (محور عمودی نشان دهنده ۱۶,۱۱۹ می‌باشد که نشان دهنده تعداد قطعات است) قطعه می‌باشد. شکل (۴) مدل شبیه سازی آلترناتیو ۱ را به عنوان نمونه‌ای از ۲۲ مدل شبیه سازی شده نمایش می‌دهد. در این مدل، خط تولید و مونتاژ شرکت که از تولید قطعات پلاستیکی مانند (پروانه، درپوش پلاتین و . . .) و قطعات روتور، استاتور و . . . تشکیل شده، شبیه سازی شده است. ضمن این که در آلترناتیو (۱) چون تمام مراحل تولید درپوش توسط تأمین کننده تولید می‌شود، خط آخر مدل این مراحل را نشان می‌دهد.

MATLAB قرار گرفته و میزان خروجی خط (محصول نهایی) کارخانه در اثر اجرای هر آلترناتیو تعیین شد و در ماتریس تصمیم‌گیری قرار گرفت. برای بررسی خروجی خط در اثر اجرای هر آلترناتیو باید مدت زمانی برای اجرای مدل تعیین شود که به اندازه کافی بزرگ باشد. با توجه به زمان ایستگاه‌های کاری در این مدل، مدت زمان برای شبیه‌سازی، ۱,۰۰۰,۰۰۰ واحد زمانی تعیین شده و تمام آلترناتیوها در این بازه برای ۲۰ تکرار مورد شبیه‌سازی قرار گرفتند، ضمن این که در مدل شبیه‌سازی شده، ۱۰۰۰ واحد زمانی (معادل یک درصد کل زمان شبیه سازی) به عنوان زمان گرم شدن مدل در نظر گرفته شده است. شایان ذکر است که با افزایش زمان شبیه‌سازی و تعداد تکرارها می‌توان انتظار جواب‌های دقیق‌تر داشت. شکل (۳) نمودار زمان - نرخ خروجی آلترناتیو اول را به عنوان نمونه‌ای از نمودارها نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی نشان دهنده زمان شبیه‌سازی و محور عمودی نشان دهنده خروجی



شکل (۳): نمودار زمان - خروجی خط وضع موجود سیستم (آلترناتیو ۱)



شکل (۴): مدل شبیه‌سازی آلترناتیو اول ۱

برای هر آلترناتیو در جدول ۵ (ماتریس تصمیم‌گیری) قابل مشاهده است.

۳.۶.۲. اعداد فازی و متغیرهای زبانی

مقادیر مربوط به سه شاخص دیگر یعنی خطر کاهش شایستگی‌های محوری، انعطاف‌پذیری و تناسب استراتژیک توسط طراحی پرسشنامه و تکمیل آنها توسط جامعه ۱۲ نفری مدیران، تعیین شد که این مقادیر نیز در جدول ۵ (ماتریس تصمیم‌گیری) قابل مشاهده است. لازم به توضیح است که جهت این امر از متغیرهای زبانی و تبدیل آنها به اعداد فازی بهره گرفته شد تا دقت و صحت مدل افزایش یابد.

۳.۷. حل ماتریس تصمیم‌گیری مطالعه موردی به روش TOPSIS فازی

در بخش‌های پیشین طریقه تکمیل ماتریس تصمیم‌گیری در این روش‌شناسی مطرح شد، با تکمیل این ماتریس با استفاده از مطالب پیشین، این ماتریس به شکل جدول (۵) است.

۱. ۳.۶.۱. بررسی روایی شبیه‌سازی خط تولید

یکی از آیتم‌های مهم در شبیه‌سازی خطوط تولید، بررسی صحت و روایی مدل شبیه‌سازی شده است. در این مطالعه، برای بررسی روایی شبیه‌سازی، مدل شبیه‌سازی شده توسط یک تیم ۵ نفره متشکل از متخصصین خطوط تولید کارخانه مذکور بررسی و ساختار مدل و نتایج آن تأیید شد.

دومین شاخصی که در بخش ۳ - ۳ معرفی شد، شاخص کیفیت بود. همان‌طور که پیشتر توضیح داده شد، این شاخص نیز توسط شبیه‌سازی مورد محاسبه قرار گرفت. به این صورت که تعداد ضایعات محصول نهایی در اثر اجرای هر آلترناتیو بر روی محصول نهایی شبیه‌سازی شده و در نهایت نسبت ضایعات محصول نهایی به کل محصول نهایی تولید شده محاسبه شد که مقادیر این شاخص در جدول ۵ (ماتریس تصمیم‌گیری) قابل مشاهده است. شاخص سوم معرفی شده در بخش ۳ - ۳ شاخص هزینه واحد محصول بود که در بخش ۳ - ۳ در مورد نحوه محاسبه آن به تفصیل بحث شد و مقادیر آن

همانطور که مشاهده می شود، با اجرای روش TOPSIS فازی عمومی نزدیک ترین آلترناتیو به راه حل ایده آل، آلترناتیو شماره ۲۰ می باشد. با رجوع به جدول ۴ مشاهده می شود که این آلترناتیو عبارت است از «خرید درپوش در پایان مرحله ۱ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۱) از تأمین کننده B و انجام مرحله ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ توسط کارخانه». به عبارت دیگر نتایج نشان می دهد که مطلوب ترین حالت برای شرکت مذکور برای تصمیم گیری در مورد خرید یا ساخت درپوش آلومینیومی این است که مرحله ۱ یعنی تزریق آلومینیوم را برون سپاری کرده و مراحل دیگر را در کارخانه راه اندازی کرده و خود به تولید آنها پردازد

علت این که برخی اعداد برای مثال در ستون «خطر کاهش شایستگی های محوری» اعشاری می باشد، این است که اعداد فازی ماتریس تصمیم گیری از میانگین نظرات تصمیم گیرندگان به دست آمده، بنابر این در قسمت هایی که نظرات تصمیم گیرندگان کاملاً بر هم منطبق نیست، اعداد اعشاری به دست آمده است. مسئله فوق با استفاده از هر دو روش ارائه شده TOPSIS فازی حل شده و نتایج آن به شرح جدول ۶ است. ستون CC_i در این جدول نشان دهنده شاخص نزدیکی نسبی با استفاده از روش TOPSIS فازی عمومی و ستون $G(A_i)$ نشان دهنده شاخص نزدیکی نسبی آلترناتیوها با استفاده از روش TOPSIS فازی پیشنهادی این مطالعه است

جدول (۵): ماتریس تصمیم گیری

وزن	(0.1071,0.1071,0.1071)	(0.0539,0.0539,0.0539)	(0.0445,0.0445,0.0445)	(0.3995,0.3995,0.3995)	(0.1466,0.1466,0.1466)	(0.2483,0.2483,0.2483)
شاخص	کیفیت	انعطاف پذیری	هزینه واحد محصول	خروجی خط	خطر کاهش شایستگی های محوری	تناسب استراتژیک
آلترناتیو						
1	(0.04,0.04,0.04)	(1.1,1.3,2.2)	(1500,1500,1500)	(16119,16119,16119)	(5.1,6.3,7.1)	(1.1,2.2,3.1)
2	(0.045,0.045,0.045)	(1.1,2.1,2.4)	(1700,1700,1700)	(19972,19972,19972)	(5.1,6.3,7.1)	(1.1,2.2,3.1)
3	(0.05,0.05,0.05)	(1.3,1.5,3.1)	(1300,1300,1300)	(22688,22688,22688)	(5.1,6.3,7.1)	(1.1,2.2,3.1)
4	(0.035,0.035,0.035)	(1.1,2.3,2.4)	(1492,1492,1492)	(16653,16653,16653)	(4.1,5.3,6.1)	(2.1,3.4,4.2)
5	(0.04,0.04,0.04)	(2.1,2.5,3.2)	(1689,1689,1689)	(23214,23214,23214)	(4.1,5.3,6.1)	(2.1,3.4,4.2)
6	(0.045,0.045,0.045)	(2.5,3.6,4.2)	(1288,1288,1288)	(25595,25595,25595)	(4.1,5.3,6.1)	(2.1,3.4,4.2)
7	(0.03,0.03,0.03)	(2.1,3.4,4.6)	(1481,1481,1481)	(19209,19209,19209)	(3.2,4.4,5.6)	(3.2,4.1,5.6)
8	(0.035,0.035,0.035)	(2.2,3.4,5.2)	(1675,1675,1675)	(26981,26981,26981)	(3.2,4.4,5.6)	(3.2,4.1,5.6)
9	(0.04,0.04,0.04)	(3.1,4.2,4.3)	(1274,1274,1274)	(29367,29367,29367)	(3.2,4.4,5.6)	(3.2,4.1,5.6)
10	(0.025,0.025,0.025)	(3.2,4.1,5.4)	(1468,1468,1468)	(21702,21702,21702)	(3.1,4.2,4.5)	(4.1,5.2,6.3)
11	(0.03,0.03,0.03)	(4.1,5.2,5.4)	(1659,1659,1659)	(31213,31213,31213)	(3.1,4.2,4.5)	(4.1,5.2,6.3)
12	(0.035,0.035,0.035)	(4.2,5.2,6.1)	(1258,1258,1258)	(33296,33296,33296)	(3.1,4.2,4.5)	(4.1,5.2,6.3)
13	(0.02,0.02,0.02)	(5.1,5.4,6.1)	(1424,1424,1424)	(33298,33298,33298)	(2.1,3.3,4.4)	(5.1,6.3,7.4)
14	(0.025,0.025,0.025)	(5.1,5.2,6.6)	(1616,1616,1616)	(49941,49941,49941)	(2.1,3.3,4.4)	(5.1,6.3,7.4)
15	(0.03,0.03,0.03)	(5.2,6.1,6.3)	(1218,1218,1218)	(45404,45404,45404)	(2.1,3.3,4.4)	(5.1,6.3,7.4)
16	(0.015,0.015,0.015)	(5.6,1.7)	(1528,1528,1528)	(35679,35679,35679)	(2.1,3.3,3.7)	(6.2,7.1,8.4)
17	(0.02,0.02,0.02)	(6.1,6.3,7.2)	(1720,1720,1720)	(49934,49934,49934)	(2.1,3.3,3.7)	(6.2,7.1,8.4)
18	(0.025,0.025,0.025)	(6.1,7.2,8.1)	(1322,1322,1322)	(45395,45395,45395)	(2.1,3.3,3.7)	(6.2,7.1,8.4)
19	(0.01,0.01,0.01)	(7.6,8.1,9)	(1634,1634,1634)	(35675,35675,35675)	(1.1,2.3,3.1)	(7.1,8.2,9)
20	(0.015,0.015,0.015)	(8.8,3.9)	(1828,1828,1828)	(42971,42971,42971)	(1.1,2.3,3.1)	(7.1,8.2,9)
21	(0.02,0.02,0.02)	(8.1,8.1,9)	(1428,1428,1428)	(42967,42967,42967)	(1.1,2.3,3.1)	(7.1,8.2,9)
22	(0.04,0.04,0.04)	(9,9,9)	(1270,1270,1270)	(30963,30963,30963)	(1,1,1)	(9,9,9)

جدول (۶): نزدیکی نسبی آلترناتیوها به راه حل ایده آل

شماره آلترناتیو	Cc_i	$\xi_G(A_i)$
1	0.073584134	0.0684630573
2	0.106414203	0.1453469547
3	0.145722622	0.1234963492
4	0.129070912	0.1563740233
5	0.191095976	0.1563459873
6	0.231551807	0.2534629331
7	0.219534488	0.23436497212
8	0.289908289	0.23528693412
9	0.323894559	0.34134916021
10	0.295187229	0.23463419841
11	0.384044115	0.33576349187
12	0.414688242	0.434819123234
13	0.493208395	0.435607340734
14	0.646128853	0.663470847523
15	0.606098957	0.612964981433
16	0.576402177	0.556873630542
17	0.69952937	0.667376347502
18	0.65514284	0.664976592742
19	0.698558009	0.674564245323
20	0.724478527	0.725364174012
21	0.712163492	0.734561348070
22	0.693073207	0.634952300843

عبور از قدم های مختلف در نهایت بهترین انتخاب جهت تصمیم ساخت یا خرید قطعه مورد نظر تعیین شد. با توجه به این که روش شناسی حاضر به بررسی طیفی از ساخت کامل تا خرید کامل می پردازد، تأمین کنندگان مختلف را در نظر می گیرد، مسئله را از ابعاد مختلفی مورد سنجش قرار می دهد و به وضوح عدم اطمینان را در نظر می گیرد به نظر می رسد که بتواند

. اما با اجرای روش TOPSIS فازی پیشنهادی این مطالعه، نزدیک ترین آلترناتیو به راه حل ایده آل، آلترناتیو شماره ۲۱ می باشد و آلترناتیو ۲۰ در رتبه دوم قرار گرفته است.

۴. بحث

همانطور که مشاهده شد روش شناسی پیشنهادی این مطالعه در یک سازمان تولیدی به کار گرفته شد و با

به عنوان یک روش‌شناسی قوی و کاربردی در سازمان‌های تولید برای تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید قطعات متمر متمر باشد.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد تا یک روش‌شناسی برای بررسی و ارزیابی تصمیم‌گیری ساخت یا خرید ارائه شود. با توجه به پیچیدگی‌های دنیای واقعی در مورد چنین مسئله‌ای، این روش‌شناسی سعی بر این داشت تا هر چه بیشتر واقعیات را در نظر گرفته تا نتایج از دقت و صحت بالاتری برخوردار باشد. بدین منظور، این روش تنها به بررسی و ارزیابی حالت صفر و یک خرید یا ساخت نپرداخته و آلترناتیوهای مابین این دو را نیز بررسی می‌کند (طیفی از خرید کامل تا ساخت کامل)، همچنین روش حاضر علاوه بر تصمیم‌گیری ساخت یا خرید، توانایی این را نیز دارد که به معرفی بهترین تأمین کننده برای این امر نیز بپردازد. روش‌شناسی حاضر برای انطباق هرچه بیشتر مدل با دنیای واقعی، شرایط عدم قطعیت را در مدل لحاظ نموده و برای ارزیابی این شرایط از شبیه‌سازی کامپیوتری (به کمک نرم افزار MATLAB) و منطق فازی بهره می‌برد و با دیدی چند بعدی و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (روش AHP و روش FTOPSIS) به ارائه مطلوب‌ترین راه حل می‌پردازد. مطالعه حاضر همچنین، به توسعه و ارائه یک روش Topsis جدید برای تصمیم‌گیری چند معیاره می‌پردازد. برای بررسی عملکرد این روش‌شناسی، روش‌شناسی حاضر در یک کارخانه تولید کننده موتورهای الکتریکی برای یکی از قطعات (درپوش آلومینیومی) مورد اجرا قرار گرفت. نتایج

این مطالعه با استفاده از روش Topsis فازی عمومی در مورد کاوی مورد نظر نشان داد که مطلوب‌ترین آلترناتیو برای تصمیم‌گیری خرید یا ساخت در مورد این قطعه خرید درپوش در پایان مرحله ۱ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۱) از تأمین کننده B و انجام مرحله ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ توسط کارخانه می‌باشد. همچنین، با استفاده از روش Topsis فازی پیشنهادی این مطالعه، بهترین آلترناتیو، آلترناتیو شماره ۲۱ شناخته شد که این آلترناتیو عبارت است از خرید درپوش در پایان مرحله ۱ (برون سپاری از مرحله ۱ تا پایان مرحله ۱) از تأمین کننده C و انجام مرحله ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ توسط کارخانه. کارایی روش پیشنهادی این مطالعه وقتی تعداد مراحل و تعداد تأمین کننده‌ها خیلی زیاد باشد تا حدی کاهش پیدا می‌کند. برای مثال اگر مراحل تولید ۱۰ مرحله و تعداد تأمین کنندگان ۱۲ در نظر گرفته شود، ۱۲۱ مدل شبیه‌سازی باید اجرا شود که این امر زمان بر است. بنابر این پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی این امر در مدل‌های جدیدتر لحاظ شود.

منابع:

- ایروانی، سیدمحمد رضا. (۱۳۷۲). سیستم‌های صف. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- بنکس، جری و کارسن، جان. (۱۳۸۲). شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد. (ترجمه هاشم محلوچی). تهران: دانشگاه صنعتی شریف.
- جعفرنژاد، احمد. (۱۳۸۵). مدیریت تولید و عملیات نوین. تهران: دانشگاه تهران.

- buy decisions", *Mathematical and Computer Modelling* 46, 1081–1090.
- Kaufmann A, Gupta MM. (1985). "Introduction to Fuzzy Arithmetic", (Theory and Application)", Van Nostrand Reinhold, New York.
- Klir G j; Yuan B. (1995). "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic", Theory and Applications. Prentice-Hall Inc, USC.
- Krohling R; Campanharo V. (2011). "Fuzzy-TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea", *Expert systems with application*, 38, 4190-4197.
- Madronero, Manuel Diaz.; Peidro, David. & Vasant, Pandian. (2010). "Vendor selection problem by using an interactive fuzzy multi-objective approach with modified S-curve membership functions", *Computers and mathematics with applications* 23, 1 – 11.
- Manders, A. J. C., & Brenner, Y. S. (1995). "Make-or-buy: The potential subversion of corporate strategy The case of Philips", *International Journal of Social Economics*, 22(4), 4–11.
- McIvor, R. T. & Humphreys, P. K. (2000). "A case-based reasoning approach to the make-or-buy decision", *Integrated Manufacturing Systems*, 11(5), 295–310.
- Moschuris, Socrates J. (2008). "Organizational participants in the make-or-buy process", *Industrial marketing management* 37, 143 – 153.
- Padillo, J. M. & Diaby, M. (1999). "A multiple-criteria decision methodology for the make-or-buy problem", *International Journal of Production Research*, 37(14), 3203–3229.
- Peng, Mike W.; Zhou, Yuanyuan. & York, Anne S. (2006). "behind make or buy decisions in export strategy", *A replication and extension of Trabold. journal of world business* 41, 289 – 300.
- Platts, K. W.; Probert, D. R. & Canez, L. (2002). "Make vs. buy decisions: A process incorporating multi-attribute decision-making", *International Journal of Production Economics*, 77(3), 247–257.
- قدسی پور. حسن. (۱۳۸۵). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. تهران: دانشگاه صنعتی امیر کبیر، مرکز نشر.
- Amiri M & Mohtashami A (2012). "Buffer allocation in unreliable production lines based on design of experiments, simulation, and genetic algorithm", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 62: 371-383.
- Buckley JJ. (1985). "Fuzzy hierarchical analysis", *Fuzzy Sets and Systems* 17: 233-247.
- Burt, D. N., Dobler, D. W., & Starling, S. L. (2003). "World class supply management: The key to supply chain management. New York", McGraw-Hill.
- Canez, L. E., Platts, K.W., & Probert, D. R. (2000). "Developing a framework for make-or-buy decisions", *International Journal of Operations and Production Management*, 20(11), 1313–1330.
- Chen CT, Lin CT, Huang SF (2006) "A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management", *Int. J. Production Economics* 102: 289-301.
- Chen CT. (2000). "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems* 114: 1-9.
- Cortellessa, Vittorio., & Marinelli, Fabrizio., & Potena Pasqualina. (2008). "An optimization framework for "build-or-buy" decisions in software architecture", *Computers & Operations Research* 35, 3090 – 3106.
- Ford, D., Cotton, B., Farmer, D., Gross, A., & Wilkinson, I. (1993). "Make-or-buy decisions and their implications", *Industrial Marketing Management*, 22 (3), 207–214.
- Humphreys, P., & McIvor, R., & Huang, G. (2002). "An expert system for evaluating the make or buy decision", *Computers & industrial engineering* 42, 567 – 585.
- Hwang CL, Yoon K (1981). "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications", *Springer, Berlin Heidelberg*.
- Hwang, Heung Suk., & Ko, Wen-Hwa., & Goan, Meng-Jong. (2007). "Web-based multi-attribute analysis model for make-or-

Zadeh LA. (1975). "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning", *Inform. Sci.* 8: 199-249(I), 301-357(II).

Zimmerman H J. (1996). Fuzzy set theory and its applications, 3^{ed} Edition, Kluwer Academic Publishers.

پی نوشت:

- 1- Moschuris
- 2- Padillo & Diaby
- 3- Canez
- 4- McIvor & Humphreys
- 5- Yoon & Naadimuthu
- 6- Ford
- 7- Manders & Brenner
- 8- Tayles & Drury
- 9- Peng
- 10- Probert
- 11- Platts
- 12- Burt
- 13- Stuart
- 14- Venkatesan
- 15- Cortellessa
- 16- Hwang
- 17- Buckley
- 18- Chen
- 19- Kaufmann
- 20- Gupta
- 21- Klir
- 22- Yuan
- 23- Zadeh
- 24- Yoon
- 25- Sarmah
- 26- Madronero
- 27- Sanayei

Probert, D. R. (1997). "Developing a make-or-buy strategy for manufacturing business", London: The Institution of Electrical Engineers.

Sanayei, AmirY; Mousavi, Farid; Abdi, M.R. & Mohaghar, Ali. (2008). "An integrated group decision-making process for supplier selection and order allocation using multi-attribute utility theory and linear programming", *Journal of the Franklin Institute* 345, 731-747.

Sarmah, S.P; Acharya. D. & Goyal. S.K. (2006). "Buyer vendor coordination models in supply chain management", *European Journal of Operational Research* 175, 1-15.

Seda, M. (2006). "Fuzzy all-pair shortest path problem. Computational intelligence, theory and applications", International conference 9th fuzzy days in Dortmund, 18-20. Proceeding publisher Springer, Berlin.

Stuart, H.; Sarrell, P. V.; Guinipero, L. & Kolchin, M. (1991). "Purchasing: Principles and applications", Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.

Tayles, M. & Drury, C. (2001). "Moving from make/buy to strategic sourcing: The outsource decision process", *Long Range Planning*, 34(5), 605-622.

Venkatesan, R. (1992). "Strategic sourcing: To make or not to make", *Harvard Business Review*, 70, 98-107.

Yoon, K. P., & Naadimuthu, G. (1994). "A make-or-buy decision analysis involving imprecise data", *International Journal of Operations and Production Management*, 14(2), 62-69.