

# ارایه مدلی یکپارچه برای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان بر مبنای زیان معیارها و ساختار ترجیحی تصمیم گیرنده

مهران دودکانلوی میلان<sup>۱</sup>، سعید جعفرزاده قوشچی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی ارومیه، گروه مهندسی صنایع، ارومیه، ایران

۲- استادیار، دانشگاه صنعتی ارومیه، گروه مهندسی صنایع، ارومیه، ایران

رسید مقاله: ۲۶ تیر ۱۳۹۶

پذیرش مقاله: ۱۷ آذر ۱۳۹۶

## چکیده

انتخاب تامین کننده مناسب یکی از مهم ترین مسایل تصمیم گیری برای دست یابی به مزیت رقابتی در زنجیره تامین هر شرکت و سازمانی می باشد. برای نیل به این اهداف، تصمیم گیرندگان باید بهترین روش را برای تجزیه و تحلیل و حل مساله انتخاب تامین کننده به کار بگیرند در این بین، استفاده از مدل های ترکیبی به خاطر انعطاف پذیری که دارند، همواره مورد استقبال بوده اند در این مقاله برای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان، از رویکرد یکپارچه ی تحلیل سلسله مراتبی، تابع زیان تاگوچی، برنامه ریزی آرمانی با انتخاب چندگانه و تابع مطلوبیت استفاده شده است. مدل پیشنهادی، تصمیم گیرنده را قادر خواهد ساخت تا تامین کننده یا تامین کنندگان مناسب را بر اساس کم ترین زیان و بالاترین سطح مطلوبیت برای دست یابی به مناسب ترین سیاست در قبال اهداف خود انتخاب کند.

**کلمات کلیدی:** انتخاب تامین کننده، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تابع زیان تاگوچی، برنامه ریزی آرمانی با انتخاب چندگانه، تابع مطلوبیت.

## ۱ مقدمه

یکی از اصلی ترین عوامل پایداری و بقا در محیط پرقابته امروزی، کاهش هزینه های تولید محصول می باشد. انتخاب تامین کنندگان مناسب می تواند به شکل قابل ملاحظه ای هزینه های تولید را کاهش و قابلیت رقابت پذیری سازمان را افزایش دهد؛ زیرا در بیش تر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده ای از بهای تمام شده محصول را دربر می گیرد [۱]. موضوع ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان یک بحث مهم و جدی می باشد در واقع با فرآیند ارزیابی، مقایسه و یافتن تامین کننده مناسب می توان نیازهای خریدار را با بهترین کیفیت، در مکان مناسب، در حجم مناسب و در زمان مناسب تامین کرد [۲].

\* عهده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: s.jafarzadeh@uut.ac.ir

اولین تحقیقات مرتبط با مساله انتخاب تامین کننده را می توان در سال های قبل از ۱۹۵۰ نام برد؛ یعنی زمانی که کاربرد برنامه ریزی خطی و محاسبات عددی در ابتدای کار خود بودند. اولین مدل انتخاب تامین کننده توسط<sup>۱</sup> NBS در آمریکا استفاده شده است و هدف اصلی آن حداقل کردن هزینه برای بستن قراردادهای خرید در صنایع دفاعی آمریکا<sup>۲</sup> (DOD) بوده است؛ البته باید اشاره کرد که اغلب محققان اواسط دهه ۶۰ میلادی را به عنوان دوره افزایش توجه به موضوع انتخاب تامین کننده مطرح کرده اند [۳].

برای تفکیک موضوعی مسایل انتخاب تامین کننده، شاخص های مختلفی در مقاله ها از جمله [۴ و ۳] ارایه شده است. در یک جمع بندی کلی، محتوای مسایل انتخاب تامین کننده در شش دسته قابل تعریف است. برای سهولت در ارجاع به این دسته بندی، برای هر یک از آن ها علائم اختصاری خاص پیشنهاد شده است؛

- ✓ تعداد و نوع اهداف / معیارهای انتخاب (یک یا چند هدفه بودن SO/MO).
- ✓ بازه زمانی مورد بحث (یک دوره ای یا چند دوره ای SP/MP).
- ✓ تعداد انواع قطعات / مواد اولیه برای برون سپاری / تامین (یک یا چند قطعه SI/MI).
- ✓ وجود استراتژی تخفیف / پرداخت تاخیری (WOD/WD).

در اغلب مطالعات انجام گرفته در حوزه تامین منابع، مساله تامین کننده به عنوان یک مساله تصمیم گیری با معیارهای چندگانه مورد توجه قرار گرفته است که معیارهای کمی و کیفی متعددی را در فرایند ارزیابی دخیل می کند. از جمله تکنیک های متداولی که انتخاب تامین کننده را با رویکردی چند معیار مورد بررسی قرار می دهد، تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP<sup>۳</sup>) هست که با یک رویکرد کمی و بر مبنای مقایسات زوجی، به تعیین ضرایب وزنی معیارها و امتیازدهی به تامین کنندگان می پردازد. این تکنیک تاکنون از سوی محققان زیادی استفاده گردیده که از جمله آن می توان به تحقیقات نی دیک و هیل [۵]، تام و تامالا [۶]، لیائو و کائو [۷] اشاره نمود. علاوه بر این تکنیک و مدل های توسعه یافته آن، برنامه ریزی ریاضی نیز ابزار توانمندی در برخورد با مساله ارزیابی تامین کننده است که به تنهایی و یا در کنار تکنیک های دیگر قابل استفاده می باشد. گابالا نخستین پژوهش گری است که برنامه ریزی ریاضی را برای انتخاب تامین کننده در اداره پست استرالیا به کار گرفت [۸].

از آنجا که انتخاب تامین کننده مناسب، علاوه بر کاهش هزینه ها، سبب افزایش رضایت مشتری و بهبود در توان رقابتی خواهد شد، به همین منظور تصمیم گیرنده باید بهترین روش را برای تجزیه و تحلیل مساله انتخاب تامین کننده به کار گیرد. همچنین برای کنترل هزینه ها و پایداری در بازار رقابتی، انتخاب منبع با کم ترین زیان و متناسب با ساختار ترجیحاتی تصمیم گیرندگان از دغدغه های اصلی هر سازمان تولیدی و خدماتی است. برای دستیابی به این اهداف، رویکردی ترکیبی که شامل فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تابع زیان تاگوچی<sup>۴</sup> و برنامه ریزی آرمانی چند انتخابی<sup>۵</sup> با ادغام تابع مطلوبیت<sup>۶</sup> در آن، ارایه شده است که بر مبنای آن ابتدا معیارهای

<sup>1</sup> National Bureau of Standards

<sup>2</sup> Department of Defense

<sup>3</sup> analytic hierarchy process

<sup>4</sup> Loss Taguchi function

<sup>5</sup> Multi-choice goal programming

<sup>6</sup> Utility function

انتخاب شده توسط تصمیم گیرنده با استفاده از AHP وزن دهی شده و بر اساس داده‌های مساله زیان هر یک از معیارها توسط تابع زیان تاگوجی به دست می‌آید. سپس از تلفیق این دو مرحله زیان کل برای معیارها محاسبه می‌شود که از این طریق تامین کنندگان برحسب کمترین زیان قابل رتبه‌بندی می‌شوند؛ اما این هدف نهایی پژوهش نیست و در مرحله بعد تابع مطلوبیت مناسب برای هر معیار تعریف می‌شود. از آنجا که تابع مطلوبیت بر اساس رجحان‌های واقعی تصمیم گیرنده می‌باشد و همیشه در دسترس نیست؛ لذا بر اساس تابع زیان‌های تعریف شده در مراحل قبل، تابع مطلوبیت مناسب تعریف می‌شود، در آخر مدل کمی برنامه‌ریزی آرمانی با چندین سطح آرمان بر مبنای زیان معیارها و ساختار ترجیحاتی تصمیم گیرنده ارائه می‌شود. استفاده از این رویکرد ترکیبی، تصمیم گیرنده را قادر خواهد ساخت تا بر اساس سیاست‌ها و اهداف خود، تامین کنندگان مناسب را با کمترین زیان و بالاترین سطح مطلوبیت انتخاب کند.

## ۲ ادبیات تحقیق

مساله انتخاب تامین کننده شامل دو بخش مهم است که اولی شامل انتخاب معیارهای مناسب و دیگری انتخاب متدولوژی مناسب است. در خصوص انتخاب معیارها، اولین بار در سال ۱۹۶۶ دیکسون پرسشنامه‌ای مشتمل بر ۲۳ معیار را برای ۲۷۳ نفر از مدیران و عوامل خرید از آمریکا و کانادا ارسال کرد و از آن‌ها خواست تا معیارهای مشخص شده را در مقیاس صفر (غیر مهم) تا چهار (بسیار مهم) رتبه‌بندی کنند و این شروع تحقیقات در زمینه انتخاب تامین کننده بود. بعد از مطالعه وبر و همکاران در سال ۱۹۹۱ بود که انتخاب تامین کننده به صورت جدی مورد توجه محققان قرار گرفت [۲]. وبر و همکاران [۹] در سال ۱۹۹۱ پس از بررسی تعداد ۲۳ مورد از معیارهای دیکسون، متوجه شدند که معیارهای قیمت، زمان تحویل، کیفیت و قابلیت تولید، برای اندازه‌گیری عملکرد تامین کنندگان بیش تر استفاده شده است. پی و همکاران [۱۰]، کیفیت، تحویل به موقع، قیمت و کیفیت خدمات را برای ارزیابی تامین کننده ارائه کردند. چانگ و همکاران [۱۱] برای مشخص کردن فاکتورهای تاثیرگذار بر انتخاب تامین کننده در مدیریت زنجیره تامین، از تکنیک دماتل استفاده کردند و قابلیت فنی، تحویل به موقع کالا، قیمت، ضمانت و ظرفیت تولید را جزو مؤثرترین معیارها نسبت به سایر معیارهای ارزیابی در نظر گرفتند.

بامطالعه ادبیات پژوهش مشاهده می‌شود که کیفیت و قیمت، بنیادی‌ترین عامل برای ارزیابی تامین کننده در نظر گرفته شده‌اند. همچنین زمان تحویل یکی از فاکتورهای مهم در روند ارزیابی می‌باشد؛ زیرا تاخیر در تحویل می‌تواند ضررهای هنگفتی به سازمان وارد نماید. هزینه‌هایی مانند توقف خط تولید و در نتیجه هزینه‌های توقف دستگاه‌ها و هزینه‌های پرسنلی و جریمه‌های احتمالی مشتری به خاطر تاخیر در تحویل را می‌توان از مشکلات تحویل دیر هنگام نامید، از سوی دیگر از دست دادن مشتریان سودآور به طور چشم‌گیری می‌تواند سود شرکت را تحت تاثیر قرار دهد؛ بنابراین رضایت از خدمات عامل خیلی مهمی در ماندگاری در بازار رقابتی است؛ بنابراین سنجیدن کیفیت خدمات مهم است. همچنین معیار گارانتی یک عامل خیلی مهم در بازاریابی محصولات است؛ زیرا سیاست گارانتی بهتر معمولاً نشان‌دهنده محصول با کیفیت تر و اطمینان بیش تر به مشتریان است [۷].

روش های انتخاب تامین کننده به دو گروه روش های جداگانه و ترکیبی تقسیم بندی می شوند. نخستین تکنیکی که انتخاب تامین کننده را مورد بررسی قرار داد، تکنیک وزن دهی خطی بود که توسط ویند و رینسون [۱۲] در سال ۱۹۶۸ ارایه شد، در این رویکرد برای هر معیار، یک ضریب وزنی در نظر گرفته شده است که بیان گر اهمیت نسبی آن معیاره است همچنین یک تابع امتیازدهی تعریف شده است که مطلوبیت تامین کننده را نسبت به معیار مورد بررسی تعیین می کند. در آخر امتیازات تامین کنندگان در اهمیت نسبی معیارها ضرب شده و از مجموع آن ها کمیت واحدی حاصل می گردد که بیانگر امتیاز کلی هر تامین کننده می باشد و از این طریق تامین کنندگان اولویت بندی و ارزیابی می شدند. کیفی بودن نحوه امتیازدهی و عدم در نظر گرفتن اثرات متقابل معیارها بر یکدیگر اشکالاتی است که در خصوص این روش قابل ذکر می باشد.

گویندان و همکاران [۱۳]، ۳۳ مقاله مربوط به انتخاب تامین کننده را تا سال ۲۰۱۱ مطالعه کردند. آن ها متوجه شدند که بیشتر تکنیک های جداگانه که در زمینه انتخاب تامین کننده استفاده شده، تکنیک های تصمیم گیری بوده اند که بیش تر شامل روش های AHP<sup>۱</sup>، DEA<sup>۲</sup>، ANP<sup>۳</sup> می باشند.

در بین روش های انتخاب تامین کننده، روش های ترکیبی به خاطر انعطاف پذیری که دارند همواره مورد توجه بودند. علاوه بر تکنیک های ذکر شده در بالا، برنامه ریزی ریاضی تکنیک توانمندی در برخورد با مساله انتخاب تامین کننده است که به تنهایی و یا در کنار تکنیک های دیگر قابل استفاده می باشد. برنامه ریزی ریاضی خود به مدل های برنامه ریزی خطی و غیر خطی [۱۴]، برنامه ریزی چند هدفه [۱۵]، برنامه ریزی عدد صحیح [۱۶]، و برنامه ریزی آرمانی [۱۷] تقسیم می شود.

به دنبال افزایش استفاده از برنامه ریزی ریاضی در ارزیابی تامین کنندگان، به تدریج رویکرد تلفیقی جدیدی مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی پدید آمد که ادغام آن با دیگر تکنیک های تصمیم گیری ابزار توانمندی را برای انتخاب تامین کننده فراهم می کرد و اتخاذ تصمیماتی با اطمینان بالاتر را به همراه داشت.

قدسی پور [۱۸] از جمله نخستین پژوهشگرانی است که از رویکرد تلفیقی مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی بهره گرفته است. این رویکرد به گونه ایست که ابتدا امتیاز و مطلوبیت هر تامین کننده با استفاده از روش AHP تعیین گردیده و سپس نتایج حاصل از AHP به عنوان ضریب تابع هدف مربوط به بیشینه سازی ارزش کل خرید وارد فضای مساله برنامه ریزی خطی می شود.

شارما و بالن [۱۹] نیز با هدف ادغام سطوح مختلف معیارها برای انتخاب تامین کننده مناسب، در ۳ مرحله و با روش تلفیقی از تابع زیان تاگوچی و روش تاپسیس و برنامه ریزی چند هدفه اقدام نمود. در مرحله اول ضایعات کیفیت را با تابع زیان تاگوچی شناسایی کرده و در مرحله دوم فاکتورهای مناسب با وزن های مختلف را با روش تاپسیس مشخص نمودند و در مرحله سوم به ارایه یک مدل برنامه ریزی چند هدفه برای شناسایی بهترین تامین کننده پرداختند. ماگدالنا [۲۰]، نیز با ترکیبی از تابع زیان تاگوچی و AHP فازی برای تعیین بهترین

<sup>1</sup> Data envelopment analysis

<sup>2</sup> Analytical Network Process

<sup>3</sup> Multi-objective programming

<sup>4</sup> Mixed integer programming

تامین کننده اقدام نمود و معیارهای کیفیت، تحویل و مدیریت محیط زیست را مورد ارزیابی قرار داده و با به حداکثر رساندن عملکرد تامین کنندگان بر اساس هر یک از این معیارها به جمع آوری و ارزیابی عملکرد کلی آن‌ها پرداخته و بهترین تامین کننده را انتخاب نمودند. در مطالعه ساری و تیمور [۲۱]، گروهی از معیارهای اصلی در صنعت خودرو مانند کیفیت، تحویل، قیمت، محیط زیست، مالی، قابلیت‌های مدیریتی و شرایط کاری مورد بررسی قرار گرفت و این معیارها با روش ANP وزن‌دهی شد و با روش زیان تاگوجی ارزیابی شده و در نهایت با روش PROMETHEE مقایسه گردید که راه‌حل مناسب برای انتخاب پیچیده تامین کننده در صنعت خودرو ارائه شد و در نهایت این روش با روش‌های سنتی و غیر سنتی مقایسه گردید.

کارهای مشابه دیگری در خصوص برنامه‌ریزی ریاضی و مخصوصاً برنامه‌ریزی آرمانی توسط محققان ارائه گردیده از جمله این که ونگ و همکارانش [۲۲] با ترکیب AHP و برنامه‌ریزی آرمانی به حل مساله انتخاب تامین کننده پرداخته‌اند. آن‌ها با در نظر گرفتن دو هدف بیشینه کردن ارزش کل خرید و کمینه کردن هزینه کل خرید و محدودیت‌های تقاضا و ظرفیت به تخصیص سفارشات به تامین کنندگان پرداختند. لیائو و کائو [۲۳]، در سال ۲۰۱۱ برای انتخاب بهترین تامین کننده در زنجیره تامین از تاپسیس فازی و برنامه‌ریزی آرمانی با انتخاب چندگانه استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که این روش به تامین کنندگان کمک می‌کند تا سطوح متعدد آرمان را برای ضوابط تصمیم‌گیری خود تنظیم کنند. همچنین لیائو و کائو [۷]، در سال ۲۰۱۰ با استفاده از رویکرد یکپارچه، تحلیل سلسه مراتبی، تابع زیان تاگوجی و برنامه‌ریزی آرمانی چندبخشی، مدلی را برای انتخاب تامین کننده مناسب با استفاده ارزیابی معیارها بر مبنای زیان معیارها ارائه کردند، آن‌ها با استفاده از این روش اقدام به انتخاب یک تامین کننده از بین چندین تامین کننده کردند؛ اما در صورتی که تصمیم‌گیرنده بخواهد ترکیبی از چندین تامین کننده را انتخاب کند، آنگاه ضروریست که تکنیک دیگری در کنار تکنیک مذکور، استفاده شود در این تحقیق این ضعف پوشش داده شده و در واقع ترکیبی از تامین کنندگان بر مبنای دو جنبه زیان معیارها و مطلوب بودن (تابع مطلوبیت) آن‌ها، انتخاب می‌شود.

یکی از تکنیک‌های پرکاربرد برای حل مساله انتخاب تامین کننده، تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی است. با این که برنامه‌ریزی آرمانی به خاطر انعطاف‌پذیری که دارد، هنوز هم برای حل مسایل چندهدفه و چندشاخصه به کار می‌رود؛ اما به هر حال محدودیت استفاده از این روش سنتی، سبب شده تا تنها برای یک سطح آرمان با مقدار عددی به کار گرفته شود به‌منظور رفع این مشکل برنامه‌ریزی آرمانی با انتخاب چندگانه توسط چانگ پیشنهاد شد [۲۴]. هر چند برنامه‌ریزی آرمانی با انتخاب چندگانه، محدودیت برنامه‌ریزی آرمانی را پوشش می‌دهد؛ اما یکی از مشکلاتی که این دو مدل سنتی دارند، این است که ساختار ترجیحاتی تصمیم‌گیرنده را در نظر نمی‌گیرند. تابع مطلوبیت یکی از مهم‌ترین روش‌های استفاده شده برای پاسخ‌گویی به ترجیحات تصمیم‌گیرنده می‌باشد. تکنیک به کارگیری تابع مطلوبیت در برنامه‌ریزی آرمانی چندانتخابی، راهی مناسب برای حل مسایل تصمیم‌گیری با اهداف چندگانه، با در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم‌گیرنده است که اولین بار در سال ۲۰۱۱ توسط چانگ [۲۴] مطرح شد. به هر حال در رابطه با پژوهش انجام شده، می‌تون مزیت‌های زیر را برشمرد:

- ✓ پژوهش مشابهی برای به کارگیری تابع مطلوبیت در کنار تابع زیان تاگوچی و برنامه ریزی آرمانی چند بخشی برای مساله انتخاب تامین کننده، انجام نگرفته است.
  - ✓ تلفیق دو متغیر مطلوبیت اهداف و متغیر سطح دستیابی به آرمان، برای حل مسایل مدیریتی.
  - ✓ دخیل کردن زیان تامین کنندگان از یک طرف و بیان رجحان‌های تصمیم گیرنده به زبان ریاضی از طرف دیگر.
  - ✓ ارایه مدل کمی که بتواند تامین کننده‌ها را بر اساس رجحان‌های تصمیم گیرنده و زیان کل تامین کنندگان ارزیابی و انتخاب کند.
- از این رو با مبنا قرار دادن فاکتورهای بالا نیاز به رویکرد یکپارچه‌ای احساس شد که شامل: فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تابع زیان تاگوچی و مدل توسعه یافته برنامه ریزی آرمانی چندانتخابی با تابع مطلوبیت می‌باشد.
- در رویکرد پیشنهادی گام‌های زیر طی می‌شوند: در گام اول پنج معیار عمده بر اساس ادبیات پژوهش انتخاب شده سپس ماتریس مقایسات زوجی معیارها بر اساس نظر تصمیم گیرنده تشکیل شده و وزن معیارها تعیین می‌شود. در گام دوم بر اساس داده‌های شبیه سازی شده در مساله زیان معیارها برای هر تامین کننده با استفاده از تابع زیان تاگوچی محاسبه می‌شود. در گام سوم زیان کل تامین کنندگان از تلفیق دو مرحله قبل محاسبه می‌شود، که در این مرحله تامین کنندگان قابل رتبه بندی می‌باشند. در گام چهارم، از روی توابع زیان به کار رفته برای داده‌های مساله، تابع مطلوبیت مناسب برای هر معیار تعریف می‌شود. در گام پنجم، مدل کمی برنامه ریزی آرمانی توسعه یافته ارایه شده است که اساس آن دخیل کردن رجحان‌های تصمیم گیرنده و زیان کل تامین کنندگان می‌باشد.

### ۳ روش تحقیق

رویکرد ارایه شده در این پژوهش بر مبنای ادغام تکنیک‌های AHP، تابع زیان تاگوچی، تابع مطلوبیت و برنامه ریزی آرمانی توسعه یافته می‌باشد که با هدف ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان توسعه داده شده است.

در اولین مرحله از فرایند ارزیابی تامین کننده، ابتدا معیارهای مختلف برای تامین کنندگان تعریف شده و سپس به منظور تعیین اهمیت نسبی معیارهای ارزیابی، از فرآیند سلسله مراتبی استفاده می‌گردد. بر این اساس ابتدا از طریق مقایسات دو به دو میان معیارهای ارزیابی، یک ماتریس مربعی به صورت جدول (۱) ساخته می‌شود که در آن برای مقایسه دو به دو معیارها از اعداد ۱ تا ۹ استفاده شده است. سپس با یافتن بزرگ‌ترین مقدار ویژه ( $\lambda_{max}$ ) مربوط به ماتریس فوق که از حل رابطه (۱) به دست می‌آید و استفاده از آن در رابطه (۲) ضرایب وزنی معیارهای ارزیابی به دست می‌آید [۲۵].

$$\det(A - \lambda I) = 0 \quad (1)$$

$$(A - \lambda_{max} I) \times W \quad (2)$$

یکی دیگر از تکنیک‌های ارزیابی تامین کنندگان استفاده از تابع زیان تاگوچی می‌باشد که بر اساس آن زیان هر یک از معیارها توسط تابع زیان مناسب محاسبه می‌شود.

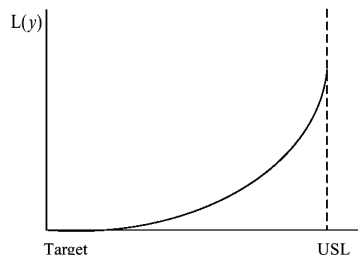
### ۳-۱ تابع زیان تاگوچی

تابع زیان تاگوچی به صورت انحراف یک پارامتر کمی از مقدار کیفیت هدف تعریف می‌شود؛ بنابراین هنگامی که کیفیت یک محصول تولیدی دقیقاً برابر با کیفیت هدف باشد، مقدار تابع زیان صفر است و هنگامی که کیفیت محصول تولیدی از مقدار کیفیت هدف انحراف پیدا کند، مقدار زیان به شدت افزایش می‌یابد. همچنین بناست که تابع زیان، تابع پیوسته و درجه دوم از میزان انحراف مشخصه کیفی از مقدار هدف باشد؛ زیرا این عمل به طور سیستماتیک تغییرات مقدار هدف را کاهش می‌دهد. مشخصه‌ای که برای ارزیابی و تعیین زیان معیارها بکار می‌رود، متغیر پاسخ نام دارد که شامل: پاسخ از نوع کوچک‌تر-بهرتر، پاسخ از نوع بزرگ‌تر-بهرتر و پاسخ از نوع اسمی-بهرتر [۲۶].

۱. پاسخ از نوع کوچک‌تر-بهرتر: در این حالت هر چه مقدار متغیر پاسخ کوچک‌تر باشد، بهتر است و معمولاً حد بالا (USL) برای متغیر پاسخ قرار داده می‌شود و مقادیر بزرگ‌تر از آن قابل قبول نمی‌باشد. همچنین حد پایین برای آن قرار می‌دهند و مقدار کم‌تر از آن هر چند بسیار مطلوب می‌باشند، لیکن مزیت چندانی نسبت به مقادیر مساوی حد پایین ندارند. در این نوع مقدار تابع زیان از رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$L(y) = K(y)^2, \quad K = A/\Delta^2 \quad (3)$$

جایی که در آن  $L(y)$  زیان مرتبط با انحراف مشخصه کیفی  $y$  از هدف می‌باشد.  $K$  ضریب متوسط زیان و ضریبی ثابتی است که وابسته به هزینه ساختار فرایند ساخت می‌باشد،  $A$  متوسط زیان کیفیت و  $\Delta$  تolerانس مشتری می‌باشد. این تابع به صورت شکل (۱) می‌باشد [۲۷].



شکل ۱. پاسخ از نوع کوچک‌تر-بهرتر [۲۷]

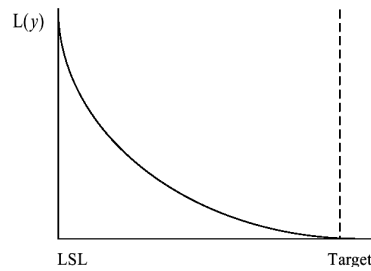
۲. پاسخ از نوع بزرگ‌تر-بهرتر: در این نوع نیز هر چه مقدار متغیر پاسخ بیش‌تر باشد، بهتر است و معمولاً حد پایین (LSL) برای متغیر پاسخ در نظر گرفته می‌شود و مقادیر کم‌تر از آن قابل قبول نمی‌باشد. همچنین حد بالا برای آن منظور می‌شود و مقادیر بالاتر از آن هر چند بسیار مطلوب می‌باشند؛ ولی به عنوان مزیت چندانی نسبت به مقادیر مساوی حد بالا ندارند. معادله این تابع به صورت رابطه (۴) می‌باشد:

$$L(y) = K \left( \frac{1}{y} \right)^2, \quad K = A \Delta^2 \quad (4)$$

<sup>1</sup> Upper specification limit

<sup>2</sup> Lower Specification Limit

متغیرها در بالا تعریف شده‌اند. این تابع به صورت شکل (۲) می‌باشد [۲۷].



شکل ۲. پاسخ از نوع بزرگ‌تر-بهرتر [۲۷]

برای مورد سوم؛ یعنی پاسخ از نوع اسمی-بهرتر، به مرجع [۲۷] مراجعه شود.

در مرحله بعدی با استفاده از ضرب کردن وزن‌های به دست آمده از قضاوت ذهنی تصمیم گیرنده در زیان به دست آمده برای هر یک از معیارها، زیان کل مطابق جدول (۴) به دست می‌آید که در این مرحله تامین کنندگان برحسب کم‌ترین زیان قابل رتبه‌بندی می‌باشند؛ اما این تحقیق به اینجا ختم نمی‌شود؛ زیرا اساس این تحقیق بر پایه استفاده از زیان ارزیابی شده در کنار ترجیحات تصمیم گیرنده در مدل واحد می‌باشد، برای استفاده از رجحان‌های تصمیم گیرنده در مدل نیاز به تابع مطلوبیت مناسب می‌باشد؛ اما از آنجا که معمولاً تابع مطلوبیت واقعی مسایل در دسترس نمی‌باشد، در این پژوهش با توجه به کار نباتچیان و همکاران [۲۸]، توابع مطلوبیت متناسب با توابع زیان به کار رفته، برای مساله تعیین می‌شود.

تابع مطلوبیت به صورت  $U: X \rightarrow R$  تعریف می‌شود که یک عدد حقیقی برای هر پیامد تخصیص می‌دهد به گونه‌ای که هدف آن تصویربرداری ترجیحات تصمیم گیرنده بر اهداف مطلوب است، جایی که  $X$  مجموعه‌ای از نقاط شدنی و  $R$  مجموعه اعداد حقیقی می‌باشد در تابع مطلوبیت، تصمیم گیرنده مقدار واقعی (مقادیر فیزیکی یا مالی) برای هر گزینه را بیان می‌کند که نشان‌دهنده عملکرد گزینه از نظر تصمیم گیرنده است [۲۹].

تابع مطلوبیت متناظر با تابع زیان تعریف شده در رابطه (۳) به صورت رابطه (۵) بیان می‌شود.

$$u_i(y_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } y_i \leq T \\ \frac{USL - y_i}{T - USL} & \text{if } T \leq y_i \leq USL \\ 0 & \text{if } y_i \geq USL \end{cases} \quad (5)$$

جایی که در آن  $USL$  حد بالایی است که تصمیم گیرنده قرار می‌دهد و بالاتر از آن مطلوبیت صفر و زیان ۱۰۰ درصد رخ خواهد داد و  $T$  مقدار مطلوب تصمیم گیرنده است. واضح است که اگر این سطح ارضا شود برای تصمیم گیرنده کاملاً مطلوب است (مطلوبیت ۱ می‌شود) و زیان صفر می‌شود [۲۸].

تابع مطلوبیت متناظر با تابع زیان بیان شده در رابطه (۴)، به صورت رابطه (۶) بیان می‌شود.



$$u_i(y_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } y_i \geq T \\ \frac{y_i - LSL}{T - LSL} & \text{if } LSL \leq y_i \leq T \\ 0 & \text{if } y_i \leq LSL \end{cases} \quad (6)$$

جایی که در آن  $LSL$  حد پایینی است که تصمیم گیرنده قرار می دهد و پایین تر از آن مطلوبیت صفر و زیان ۱۰۰ درصد خواهد بود.  $T$  مقدار مطلوب تصمیم گیرنده در این تابع است که برای مقادیر بزرگ تر یا مساوی با آن مطلوبیت ۱ و زیان، صفر رخ خواهد داد [۲۸].

در مرحله آخر زیان کل تامین کنندها برای انتخاب بهترین تامین کننده در مدل کمی برنامه ریزی آرمانی وارد می شوند.

### ۳-۲ مدل توسعه یافته برنامه ریزی آرمانی چندانتخابی

برنامه ریزی آرمانی تکنیک مهمی برای یافتن مجموعه حل های قابل قبول در مسایل تصمیم گیری می باشد. برنامه ریزی آرمانی، ابتدا توسط چارنز و کوپر [۳۰] در سال ۱۹۶۱ معرفی شد و با انواع روش های مختلف نظیر لکسیکوگرافی<sup>۱</sup>، برنامه ریزی آرمانی وزن دار شده، مینی ماکس نیز توسعه داده شد. هدف از برنامه ریزی آرمانی کمینه کردن انحرافات ناخواسته بین دست یابی به اهداف و سطوح آرمان آنها است این مدل به صورت زیر بیان می شود:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n |f_i(x) - g_i| \quad \text{or} \quad \text{Min} \sum_{i=1}^n d_i^+ + d_i^- \quad (7)$$

s.t.

$$f_i(x) - d_i^+ + d_i^- = g_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad x \in F \quad (8)$$

در رابطه (۸)،  $F$  مجموعه شدنی و  $X$  عضوی از  $F$  است.  $f_i(x)$  تابعی خطی از  $i$  امین هدف است؛ و  $d_i^-$  و  $d_i^+$  انحراف های منفی و مثبت برای دست یابی به  $i$  امین هدف، در رابطه (۷) است.

چانگک [۳۱]، در سال ۲۰۰۷ مدل بالا را توسعه داد و مجموعه ای از سطوح آرمان را به جای یک سطح آرمان، در آن در نظر گرفت. این مدل به تصمیم گیرنده اجازه می دهد که سطوح متعدد آرمان را برای جلوگیری از کم اهمیت شمردن تصمیم به هر هدف داشته باشد. مزیت دیگر آن کاهش تعداد متغیرهای باینری در مدل است. این مدل به صورت زیر قابل ارایه است:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n w_i |f_i(x) - g_{i1}| \quad \text{or} \quad g_{i2} \quad \text{or} \quad \dots \quad g_{im} \quad (9)$$

s.t:

$$x \in F \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (10)$$

<sup>1</sup> Lexicographic

جایی که در آن  $X$  آزاد در علامت و  $F$  مجموعه شدنی می باشد و  $g_{ij}$ ، زامین سطح آرمان از  $i$  امین هدف می باشد. بقیه متغیرها در بالا تعریف شده اند. مدل برنامه ریزی آرمانی با انتخاب چندگانه می تواند به دو نوع کلی به صورت زیر تقسیم بندی شود:

نوع اول: هر چه بیش تر بهتر

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n [w_i (d_i^+ + d_i^-) + \alpha_i (e_i^+ + e_i^-)] \quad (11)$$

s.t.

$$f_i(x) - d_i^+ + d_i^- = y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$y_i - e_i^+ + e_i^- = g_{i, \max}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$g_{i, \min} \leq y_i \leq g_{i, \max}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

$$d_i^+, d_i^-, e_i^+, e_i^- \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad x \in F \quad (15)$$

طوری که  $X$  آزاد در علامت و  $F$  مجموعه شدنی می باشد و  $d_i^+, d_i^-$  انحرافات منفی و مثبت وابسته به  $i$  امین هدف یعنی  $|f_i(x) - y_i|$  در معادله (۱۲) است و  $e_i^+, e_i^-$  انحرافات منفی و مثبت وابسته به  $|y_i - g_{i, \max}|$  در معادله (۱۳) است طوری که  $g_{i, \max}, g_{i, \min}$  به ترتیب کم ترین و بیش ترین سطح آرمان مورد نظر تصمیم گیرنده می باشند و  $w_i$  وزن مربوط به مجموع انحرافات وابسته به  $|f_i(x) - y_i|$  و  $\alpha_i$  وزن مربوط به مجموع انحرافات وابسته به  $|y_i - g_{i, \max}|$  است.

نوع دوم: هر چه کم تر بهتر

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n [w_i (d_i^+ + d_i^-) + \alpha_i (e_i^+ + e_i^-)] \quad (16)$$

s.t.

$$f_i(x) - d_i^+ + d_i^- = y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

$$y_i - e_i^+ + e_i^- = g_{i, \min}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

$$g_{i, \min} \leq y_i \leq g_{i, \max}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad x \in F \quad (19)$$

$$d_i^+, d_i^-, e_i^+, e_i^- \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (20)$$

همه متغیرها مثل بالا تعریف می شوند با این تفاوت که  $e_i^+, e_i^-$  انحرافات منفی و مثبت مربوط به  $|y_i - g_{i, \min}|$  در معادله (۱۸) است و  $\alpha_i$  وزن مربوط به مجموع انحرافات وابسته به  $|y_i - g_{i, \min}|$  است [۳۱].

روش های ریاضی زیادی برای حل مسایل چندهدفه توسعه داده شده اند که مدل های سنتی برنامه ریزی آرمانی و برنامه ریزی چندانتخابی نیز جزء این دسته می باشد. گرچه مقادیر ترجیحی تکی یا ساختاری در این مدل ها به ندرت در نظر گرفته می شوند؛ اما در هیچ یک، ساختار ترجیحی تصمیم گیرنده در نظر گرفته نمی شود. در این بین تابع مطلوبیت یکی از بهترین روش ها برای پاسخگویی به ترجیحات تصمیم گیرنده است که

توسط چانگک [۲۴] در سال ۲۰۱۱ به مدل برنامه‌ریزی آرمانی با انتخاب چندگانه اضافه شده است که رویکرد جدیدی برای حل مسایل جهان واقعی می‌باشد.

طبق مطالعات لی کالزی و سراتو [۳۲]، متناظر با مسایل واقعی فقط چهار تابع مطلوبیت تعیین شده‌اند که عبارت است از: اشکال مقعر، محدب،  $S$  شکل و حالت معکوس  $S$  شکل، در این رویکرد تصمیم‌گیرنده می‌خواهد مطلوبیت مورد نظر خود را، ماکزیمم کند.

فرم عمومی دو نوع تابع مطلوبیت خطی که توسط لایی و هوانگ [۳۳]، تعریف شده‌اند و متناظر با توابع زیان تعریف شده در بالا نیز می‌باشند، به صورت روابط (۲۱) و (۲۲) می‌باشند.

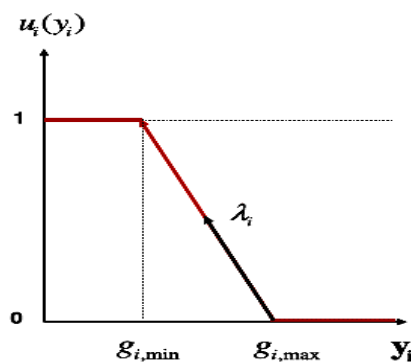
۱. تابع مطلوبیت خطی از چپ (تابع مطلوبیت با شیب منفی):

$$u_i(y_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } y_i \leq g_{i,\min} \\ \frac{g_{i,\max} - y_i}{g_{i,\max} - g_{i,\min}} & \text{if } g_{i,\min} \leq y_i \leq g_{i,\max} \\ 0 & \text{if } y_i \geq g_{i,\max} \end{cases} \quad (21)$$

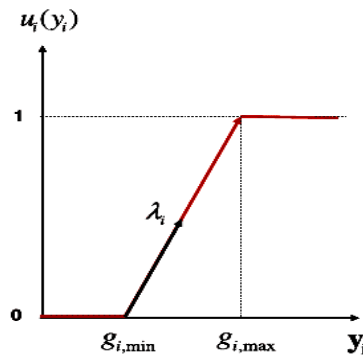
۲. تابع مطلوبیت خطی از راست (تابع مطلوبیت با شیب مثبت):

$$u_i(y_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } y_i \geq g_{i,\max} \\ \frac{y_i - g_{i,\min}}{g_{i,\max} - g_{i,\min}} & \text{if } g_{i,\min} \leq y_i \leq g_{i,\max} \\ 0 & \text{if } y_i \leq g_{i,\min} \end{cases} \quad (22)$$

جایی که در آن‌ها  $g_{i,\min}$  و  $g_{i,\max}$  کران بالا و پایین (بالا‌ترین و پایین‌ترین) آرمان هدف  $i$  ام هستند لازم به توضیح است که این دو فرم تابع مطلوبیت خطی، نمایشی دیگر از توابع مطلوبیت تعریف شده در روابط (۵) و (۶) می‌باشند. نمودار این توابع در زیر آورده شده است. اشکال (۳) و (۴) به ترتیب بیانگر تابع مطلوبیت خطی از چپ و تابع مطلوبیت خطی از راست هستند.



شکل ۳. تابع مطلوبیت خطی از چپ [۳۳]



شکل ۴. تابع مطلوبیت خطی از راست [۲۳]

همان طور که در شکل نیز مشخص شده است، تصمیم گیرنده می خواهد مقدار مطلوبیت  $\lambda_i$  را تا جایی که ممکن است، افزایش دهد. در حقیقت حل مسایل تصمیم گیری توسط افزایش خود به خود مقادیر مطلوب تا بیشترین مقدار ممکن در مسایل واقعی مشکل است؛ بنابراین برای فائق آمدن بر این مشکل و به کارگیری هدف مند از برنامه ریزی آرمانی چند انتخابی، به دو مورد خطی به کارگیری تابع مطلوبیت در این مدل، در زیر پرداخته می شود.

نوع اول: مدل برنامه ریزی آرمانی چند انتخابی با تابع مطلوبیت خطی از چپ؛ تصمیم گیرنده می خواهد مقدار مطلوبیت  $u_i(y_i)$  را تا بیشترین مقدار ممکن افزایش دهد در مورد تابع مطلوبیت خطی از چپ برای رسیدن به این هدف مقدار  $y_i$  باید نزدیکترین مقدار ممکن به مقدار آرمان  $g_{i,min}$  باشد. این مورد به صورت زیر فرموله می شود [۲۴]:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n [w_i (d_i^+ + d_i^-) + \beta_i f_i^-] \quad (23)$$

s.t.

$$f_i(x) - d_i^+ + d_i^- = y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (24)$$

$$g_{i,min} \leq y_i \leq g_{i,max}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (25)$$

$$\lambda_i \leq \frac{g_{i,max} - y_i}{g_{i,max} - g_{i,min}}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (26)$$

$$\lambda_i + f_i^- = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (27)$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \quad x \in F, \quad d_i^+, d_i^-, f_i^-, \lambda_i \geq 0. \quad (28)$$

در رابطه (۲۳)،  $\beta_i, w_i$  به ترتیب وزنهای تخصیص داده شده به انحرافات هستند.  $\lambda_i$  مقدار مطلوبیت در مدل است و بالاترین مقدار ممکن برای آن ۱ می باشد.

نوع دوم: مدل برنامه‌ریزی آرمانی چندانتخابی با تابع مطلوبیت خطی از راست، تصمیم‌گیرنده می‌خواهد مقدار مطلوبیت  $u_i(y_i)$  را تا بیش‌ترین مقدار ممکن افزایش دهد در مورد تابع مطلوبیت خطی از راست، برای دستیابی به این هدف مقدار  $y_i$  باید نزدیک‌ترین مقدار ممکن به مقدار آرمان  $g_{i,max}$  باشد در این مورد مدل به شکل زیر قابل بیان است [۲۴]:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n [w_i (d_i^+ + d_i^-) + \beta_i f_i^-] \quad (29)$$

s.t.

$$f_i(x) - d_i^+ + d_i^- = y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (30)$$

$$g_{i,min} \leq y_i \leq g_{i,max}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (31)$$

$$\lambda_i \leq \frac{y_i - g_{i,min}}{g_{i,max} - g_{i,min}}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (32)$$

$$\lambda_i + f_i^- = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (33)$$

$$d_i^+, d_i^-, f_i^-, \lambda_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad x \in F. \quad (34)$$

همچنین لازم به ذکر است که متغیرهای انحراف  $d$  و  $f$  می‌توانند در محدوده‌های خیلی متفاوت تغییر کنند و باعث میل ناخواسته به سمت اهداف با مقدار بزرگ‌تر شوند. برای رفع این مشکل رویکردهای نرمال‌سازی زیادی نظیر درصدی، اقلیدسی، جمع و نرمال‌سازی صفر و یک وجود دارد از آنجا که انحرافات  $d_i^+, d_i^-$  می‌توانند در محدوده دلخواه تغییر کنند؛ ولی محدوده مجاز برای تغییرات  $f_i^-$ ‌های منفی، یا صفر است یا یک و این باید در وزن‌های  $\beta_i, w_i$  در نظر گرفته شود برای حل این مشکل، از روش نرمال‌سازی که نرمال‌سازی مطلوبیت نام دارد، استفاده شده است:

فرض کنید  $d_i^+, d_i^- = [0, \bar{U}_i]$  و  $f_i^- = [0, 1]$  جایی که  $\bar{U}_i$  حد بالا برای  $d_i$ ‌ها است؛ بنابراین وزن‌های نرمال شده  $\beta_i, w_i$  به آسانی از طریق رابطه (۳۵) به دست می‌آیند:

$$\beta_i = \frac{\bar{U}_i}{1 + \bar{U}_i}, \quad w_i = \frac{1}{1 + \bar{U}_i} \quad (35)$$

می‌توان این روش را برای نرمال‌سازی  $n$  تابع هدف نیز به کار گرفت [۲۴].

#### ۴ یافته‌های پژوهش

فرض می‌شود که شرکتی در نظر دارد از بین پنج تامین‌کننده، حداقل یک و حداکثر سه تامین‌کننده را برای تامین نیازهای خودش انتخاب کند برای تصدیق و اعتبار سنجی مدل پنج معیار عمومی که شامل: کیفیت محصول،

قیمت، زمان تحویل، کیفیت خدمات و درجه یا میزان گارانتی می باشد، انتخاب شده اند. همچنین ترجیحات تصمیم گیرنده در مورد معیارهای ارزیابی به صورت زیر بیان شده است (داده های مساله شبیه سازی شده اند):  
در مورد کیفیت محصول (نرخ خرابی)، میزان صفر درصد معیوبی برای تصمیم گیرنده مطلوب است و حد مشخص بالای آن ۲ درصد در نظر گرفته شده است. زیان صفر برای میزان صفر درصد معیوبی اتفاق خواهد افتاد و زیان ۱۰۰ درصد برای میزان معیوبی ۲ درصد رخ خواهد داد. برای آن تابع مطلوبیت خطی از چپ که شکلی شبیه به شکل (۳) دارد، بیان می شود که در آن  $g_{i,\min} = 0$  و  $g_{i,\max} = 0.1$  می باشد.

در مورد قیمت پیشنهادی، زیان صفر برای تامین کنندگانی خواهد بود که قیمت خیلی پایین را پیشنهاد می کنند و برای ۱۶ درصد بیش تر از پایین ترین قیمت، زیان ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است. تابع مطلوبیت بیان کننده این ترجیحات، شبیه تابع مطلوبیت نشان داده شده در شکل (۳) است جایی که  $g_{i,\min} = 0.86$  و  $g_{i,\max} = 1$  می باشد.

تصمیم گیرنده زمان مطلوب تحویل را پایین ترین زمان تحویل از میان تامین کنندگان در نظر می گیرد و زیان ۱۰۰ درصد از سوی تامین کنندگانی خواهد بود که سه روز کاری برای تحویل تاخیر داشته باشند. تابع مطلوبیت در این حالت شبیه به شکل (۳) می باشد با این تفاوت که  $g_{i,\min} = 0.42$  و  $g_{i,\max} = 1/25$  می باشد.  
کیفیت خدمات برای این معیار، تصمیم گیرنده میزان ۵۰ درصد را به عنوان حد مشخصه پایین در نظر می گیرد و این حد زیان ۱۰۰ درصد را خواهد گرفت. زیان صفر وقتی رخ خواهد داد که فاکتور خدمت برای تامین کننده نسبت ۱۰۰ درصد باشد. تابع مطلوبیت بیان کننده این ترجیحات شکلی شبیه به شکل (۴) دارد که در آن  $g_{i,\min} = 0.5$  و  $g_{i,\max} = 1$  می باشد.

برای عامل میزان گارانتی، تصمیم گیرنده حد مشخصه ۶۵ درصد را به عنوان حد پایین تعیین کرده است و برای این نسبت، زیان ۱۰۰ درصد رخ خواهد داد و زیان صفر درصد وقتی رخ خواهد داد که گارانتی ۱۰۰ درصد باشد. تابع مطلوبیت بیان کننده این ترجیحات شبیه شکل (۴) می باشد جایی که  $g_{i,\min} = 0.65$  و  $g_{i,\max} = 1$  می باشند.

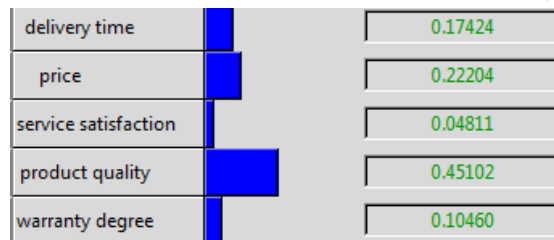
همچنین تصمیم گیرنده مقدار ضریب متوسط زیان ( $k$ ) را برای هر یک از معیارهای کیفیت محصول، قیمت، زمان تحویل، کیفیت خدمات و گارانتی به ترتیب ۳۰۹۰۰۰، ۲۰۱۱، ۱/۵، ۳۰ و ۱۲ تعیین کرده است.  
مقادیر مشخصه های کیفی و مقادیر نسبی هر مشخصه، برای هر تامین کنندگان در جدول (۲) شبیه سازی شده است. مراحل ارزیابی به طریق زیر خواهد بود:

مرحله ۱: تعیین اهمیت نسبی معیارهای ارزیابی از طریق مقایسات زوجی حاصل از نظر تصمیم گیرنده.

جدول ۱. مقایسات زوجی معیارها

	کیفیت محصولات	قیمت	زمان تحویل	گارانتی	کیفیت خدمات
کیفیت محصول	۱	۴	۳	۳	۵
قیمت	$\frac{1}{4}$	۱	۲	۳	۴
زمان تحویل	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	۱	۲	۶
گارانتی	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	۱	۳
کیفیت خدمات	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	۱

نتایج حاصل از به کارگیری نرم افزار Super Decisions برای تعیین وزن معیارها به صورت شکل (۵) می باشد.



شکل ۵. نتایج حاصل از نرم افزار Super Decision

مرحله ۲: در این مرحله با استفاده از داده های جدول (۲)، توابع زیان مناسب و نیز با استفاده از مقادیر متوسط زیان (K) داده شده در بالا، زیان هر یک از معیارها برای هر تامین کننده به دست می آید. محاسبات در جدول (۳) نمایش داده شده اند.

جدول ۲. مقادیر کمی و مقادیر نسبی مشخصه ها

تامین کنندگان	کیفیت محصولات		قیمت		زمان تحویل		کیفیت خدمات		گارانتی	
	مقدار	نسبی (%)	مقدار	نسبی (%)	مقدار	نسبی (%)	مقدار	نسبی (%)	مقدار	نسبی (%)
S1	۱/۱۷	۱/۱۷	۱۱۷	۱۷/۰۰	۲/۴	۲/۴	۵۵/۰۰	۵۵/۰۰	۷۳/۰۰	۷۳/۰۰
S2	۱/۶	۱/۶	۱۰۱	۱/۰۰	۱	۱	۸۰/۰۰	۸۰/۰۰	۶۵/۰۰	۶۵/۰۰
S3	۱/۰۱	۱/۰۱	۱۰۹	۹/۰۰	۱/۹۱	۱/۹۱	۶۱/۰۰	۶۱/۰۰	۹۵/۰۰	۹۵/۰۰
S4	۱/۳	۱/۳	۱۰۳	۳/۰۰	۱/۷۷	۱/۷۷	۹۳/۰۰	۹۳/۰۰	۸۰/۰۰	۸۰/۰۰
S5	۱/۷	۱/۷	۱۱۴	۱۴/۰۰	۲	۲	۷۹/۰۰	۷۹/۰۰	۸۴/۰۰	۸۴/۰۰

**جدول ۳.** مقادیر زیان معیارها برای هر تامین کننده

تامین کنندگان	کیفیت محصول	قیمت	زمان تحویل	کیفیت خدمات	گارانتی
S1	۴۲/۳	۵۸/۱۲	۸/۶۴	۹۹/۱۷	۲۲/۵۲
S2	۷۹/۱	۰/۲۰	۱/۵	۴۶/۸۷	۲۸/۴۰
S3	۳۱/۵۲	۱۶/۲۹	۵/۴۷	۸۰/۶۲	۱۳/۳
S4	۵۲/۲۲	۱/۸۱	۴/۷	۳۴/۶۹	۱۸/۷۵
S5	۸۹/۳	۳۹/۴۱	۶	۴۸/۰۷	۱۷/۰۰

**جدول ۴.** مقادیر زیان کل تامین کنندگان و رتبه بندی آنها بر اساس زیان کل (نتایج حاصل از مدل چین نانگ لیائو [۲۷])

تامین کنندگان	رتبه بندی	زیان کل	زیان گارانتی	زیان کیفیت خدمات	زیان زمان تحویل	زیان قیمت	زیان کیفیت
S1	۳	۴۰/۶	۲/۳۶	۴/۷۶	۱/۵۰	۱۲/۹۰	۱۹/۰۸
S2	۴	۴۱/۲۰	۲/۹۸	۲/۲۵	۰/۲۶۱	۰/۰۴	۳۵/۶۷
S3	۱	۲۴/۰۳	۱/۳۹	۳/۸۷	۰/۹۵	۳/۶۱	۱۴/۲۱
S4	۲	۲۸/۴۰	۱/۹۷	۱/۶۶	۰/۸۲	۰/۴۰	۲۳/۵۵
S5	۵	۴۶/۱۵	۱/۷۸	۲/۳۱	۱/۰۴	۰/۷۵	۴۰/۲۷

مرحله ۳: برای مقایسه مدل پژوهش با مدل لیائو [۲۷] و رتبه بندی تامین کنندگان بر اساس زیان کل، با استفاده از داده‌ها مرحله ۱ و ۲ زیان کل برای هر تامین کننده به دست می‌آید که بر اساس آن تامین کنندگان قابل رتبه بندی می‌باشند این مقادیر در جدول (۴) ثبت شده‌اند.

مرحله ۴: در این مرحله برای انتخاب تامین کننده مناسب و تعیین میزان مطلوبیت اهداف برای تصمیم گیرنده، مدل توسعه یافته برنامه ریزی آرمانی چند انتخابی با تابع مطلوبیت بر اساس مقادیر کمی مشخصه‌های کیفی و زیان کل هر یک از تامین کنندگان ارایه می‌شود. تصمیم گیرنده زیان کل را برای تامین کننده مناسب ۲۵ پیش بینی کرده است که هر چه این میزان کم تر باشد، بهتر است جایی که کران بالا برای زیان کل ۵۰ در نظر گرفته شده‌است. نهایتاً مدل بعد از بی‌مقیاس سازی محدودیت‌ها و تعیین وزن مناسب برای متغیرهای انحراف به صورت زیر در می‌آید:

$$Minz = 0.98d_1^+ + 0.08d_2^+ + 0.25d_3^+ + 0.09d_4^- + 0.09d_5^- + (d_6^+ + e_1^+) +$$

$$0.019f_1^- + 0.99f_2^- + 0.75f_3^- + 0.99f_4^- + 0.99f_5^-$$

s.t:

$$0 \leq y_1 \leq 0.1$$

$$\lambda_1 \leq \frac{0.1 - y_1}{0.1}$$

$$\lambda_1 + f_1^- = 1$$

$$0.69s_1 + 0.94s_2 + 0.59s_3 + 0.76s_4 + s_5 + d_6^- - d_6^+ = y_2$$

$$0.86 \leq y_2 \leq 1$$

$$\lambda_2 \leq \frac{1 - y_2}{0.14}$$



$$\begin{aligned}
\lambda_r + f_r^- &= 1 \\
s_1 + 0/42s_r + 0/79s_r + 0/74s_f + 0/83s_\delta &= y_r \\
0/42 \leq y_r &\leq 1/25 \\
\lambda_r &\leq \frac{1/25 - y_r}{0/83} \\
\lambda_r - f_r &= 1 \\
0/55s_1 + 0/8s_r + 0/61s_r + 0/93s_f + 0/79s_\delta &= y_f \\
0/5 \leq y_f &\leq 1 \\
\lambda_f &\leq \frac{y_f - 0/5}{0/5} \\
\lambda_f - f_f &= 1 \\
0/73s_1 + 0/65s_r + 0/95s_r + 0/8s_f + 0/84s_\delta &= y_\delta \\
0/65 \leq y_\delta &\leq 1 \\
\lambda_\delta &\leq \frac{y_\delta - 0/65}{0/35} \\
\lambda_\delta - f_\delta &= 1 \\
0/88s_1 + 0/93s_r + 0/52s_r + 0/6s_f + s_\delta &= y_\phi \\
0/54 \leq y_\phi &\leq 1/08 \\
y_\phi + e_1^- - e_1^+ &= 0/54 \\
s_1 + s_r + s_r + s_f + s_\delta &= 3 \\
s_i, f_i, \lambda_i, d_j^+, d_j^-, y_j, e_1^+, e_1^- &\geq 0 \\
i = 1, 2, 3, 4, 5 \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6
\end{aligned}$$

نتیجتاً پس از اجرای مدل توسط نرم افزار *GAMS*، تامین کنندگان ۱، ۳ و ۴ ( $s_r = s_\delta = 0$  و  $s_1 = s_r = s_f = 1$ ) جزو تامین کنندگان انتخابی تصمیم گیرنده انتخاب شدند. همچنین این نتایج به راحتی قابل قیاس با نتایج مدل چین نانگ لیائو [۲۷] یعنی جدول (۴) می باشد مطابق مدل لیائو از بین پنج تامین کننده، به ترتیب تامین کنندگان ۳ و ۴ و ۱ دارای کم ترین زیان می باشند؛ اما در صورتی که تصمیم گیرنده بخواهد از بین پنج تامین کننده فقط یک تامین کننده انتخاب کنند، مطابق مدل لیائو [۲۷] این طور به نظر خواهد رسید که تامین کننده شماره ۳ مناسب ترین تامین کننده می باشد. در صورتی که در ادامه (جدول ۵) نشان داده شده است که تامین کننده شماره ۳ با این که دارای کم ترین زیان می باشد؛ ولی به دلیل این که به سطح مطلوبیت مناسب نرسیده است، تامین کننده مورد نظر تصمیم گیرنده نخواهد بود؛ بنابراین نتایج حاصل نشان می دهد که مدل لیائو [۲۷] کارایی نخواهد داشت.

جدول ۵. مقادیر مطلوبیت، انحرافات و آرمان تخصیص یافته

$y_i$	$d_i^-$	$d_i^+$	$\lambda_i$	پارامترها	معیارها
۰/۰۱۰	۰	۲/۰۳۰	۰		کیفیت
۰/۸۶۰	۰	۱/۹۵۰	۱		قیمت
۱/۲۵۰	۰	۱/۲۸۰	۰		زمان تحویل
۱	۰	۱/۰۹۰	۱		کیفیت خدمات
۱	۰	۱/۴۸۰	۱		گارانتی

همان‌طور که از جدول (۵) مشخص است، اهداف ۲ و ۴ و ۵ کاملاً مطلوب بودند. مقدار مطلوبیت برای اهداف ۱ و ۳ صفر شده است به هر حال در صورتی که تصمیم گیرنده بخواهد فقط یک تامین کننده انتخاب کند که هم کم‌ترین زیان را داشته باشد و هم هدف او کاملاً مطلوب باشد، بدون شک آن تامین کننده ۳ نخواهد بود؛ زیرا باینکه تامین کننده ۳ کم‌ترین زیان را دارد؛ اما مقدار مطلوبیت برای آن صفر می‌باشد پس تامین کننده ۴ که از لحاظ زیان در رتبه دوم قرار دارد و مقدار مطلوبیت آن کاملاً ارضا شده، به‌عنوان تامین کننده مناسب انتخاب می‌شود.

در پایان برای نشان دادن برتری و کارایی مدل، نتایج یافته‌های پژوهش با نتایج مدل لیائو و کائو [۷] در جدول (۶) مقایسه شده است.

جدول ۶. مقایسه نتایج مدل پژوهش با مدل لیائو و کائو [۷]

خروجی مدل لیائو و کائو [۷]			خروجی مدل پژوهش		
تامین کنندگان	خروجی مدل	تامین کننده انتخابی	تامین کنندگان	خروجی مدل	مقدار مطلوبیت $\lambda_i$
S <sub>1</sub>	۱	*	S <sub>1</sub>	۱	۰
S <sub>2</sub>	۰		S <sub>2</sub>	۰	۱
S <sub>3</sub>	۰		S <sub>3</sub>	۱	۰
S <sub>4</sub>	۰		S <sub>4</sub>	۱	۱
S <sub>5</sub>	۰		S <sub>5</sub>	۰	۱

در جدول (۶) دو ستون اصلی مربوط به خروجی مدل است که همان مقدار  $\lambda_i$  در مدل‌ها می‌باشد. بر اساس این دو ستون، در خروجی حاصل از مدل لیائو و کائو، تامین کننده شماره ۱ به‌عنوان تامین کننده مناسب انتخاب شده است. این در صورتی است که خروجی مدل پژوهش در مرحله اول سه تامین کننده را از لحاظ انتخاب ترکیبی از

تامین کنندگان انتخاب می‌کند و در مرحله دوم در صورتی که تصمیم گیرنده بخواهد بهترین آن را از این ترکیب انتخاب کند، با استفاده از مقدار مطلوبیت به دست آمده می‌تواند فقط یک تامین کننده را انتخاب کند. در اینجا تامین کنندگان ۱ و ۳ و ۴ به عنوان تامین کنندگانی که دارای کمترین زیان می‌باشند، بر اساس مدل انتخاب شدند؛ اما خروجی دوم مدل نشان می‌دهد که، فقط تامین کننده شماره ۴ به سطح مطلوبیت مناسب دست یافته است و مناسبترین تامین کننده می‌باشد؛ لذا نتایج حاکی از آن است که مدل پژوهش بر اساس رویکرد جدید زیان-مطلوبیت، نتایج نزدیک به واقعیت به دست می‌دهد. این در حالی است که مدل لیائو و کائو فقط بر اساس زیان بوده و به آن صورت کارکردی نخواهد داشت. در واقع می‌توان گفت نتایجی که از طریق مدل پژوهش به دست می‌آید نسبت به مدل لیائو و کائو به جواب ایده آل نزدیک تر می‌باشد.

### ۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

با توجه به نقش حساس و تعیین کننده انتخاب تامین کننده برای سودآوری سازمان‌ها، تقویت موقعیت رقابتی آن‌ها و دستیابی به اهداف زنجیره تامین، تلاش در جهت توسعه و بهبود مدل‌های تصمیم‌گیری که فرایند ارزیابی تامین کننده را با دقت و اطمینان بیش‌تری انجام می‌دهند ضروری به نظر می‌رسد.

در مطالعه حاضر از رویکرد جدیدی برای حل مساله انتخاب تامین کننده استفاده شده است، رویکردی که از یکپارچه‌سازی روش‌های تحلیل سلسله مراتبی، تابع زیان تاگوچی و مدل توسعه یافته برنامه‌ریزی آرمانی با انتخاب چندگانه و تابع مطلوبیت تشکیل شده است. مدل کمی ارائه شده در این رویکرد تصمیم‌گیرنده را قادر خواهد ساخت تا بر اساس ساختار ارجحیتی، قضاوت ذهنی و توابع زیان معیارها، مناسبترین تامین کننده را انتخاب کند. از مهم‌ترین مزیت‌های مدل به کار گرفته شده، استفاده از تابع مطلوبیت در کنار تابع زیان تاگوچی و برنامه‌ریزی آرمانی می‌باشد که در حقیقت، روشی برای پاسخ‌گویی به ترجیحات تصمیم‌گیرنده می‌باشد و می‌تواند به عنوان ابزاری برای کمک به تصمیم‌گیرندگان استفاده شود. به علاوه این روش جوابی نزدیک به واقعیت را نسبت به مدل‌های سنتی برنامه‌ریزی آرمانی برای مساله ارائه می‌دهد، به عبارتی تکنیکی مناسب برای حل مسایل جهان واقعی است. همچنین استفاده از تابع زیان علاوه بر ارزیابی معیارها، این امکان را فراهم می‌کند که بتوان رجحان‌های تصمیم‌گیرنده را در قالب تابع مطلوبیت مناسب بیان کرد.

در انجام مطالعات و تحقیقات مرتبط با این مقاله، وجود برخی محدودیت‌ها سبب شده است تا در برخی موارد ساده‌سازی‌هایی صورت گیرد و یا زوایایی از مساله پوشش داده نشود، از جمله تمرکز بر مدل و شبیه‌سازی داده‌ها، برای نمونه در صورتی که داده‌های واقعی مساله در دسترس باشد و تصمیم‌گیرنده در هر مورد تابع مطلوبیت مناسب تعریف کرده باشد، مساله به شرایط واقعی نزدیک‌تر خواهد شد. رویکرد ارائه شده در این پژوهش برای بسیاری از مسایل تصمیم‌گیری نظیر انتخاب بهینه سبد سهام، انتخاب مکان مناسب، مسایل حمل و نقل و بسیاری دیگر از این دست مسایل زمانی که داده‌ها برای حل مساله در دست باشد، می‌تواند مفید باشد. همچنین پژوهش‌گران می‌توانند در تحقیقات آتی خود ساختار ارجحیتی فازی نیز به مدل اضافه کنند و نظر تصمیم‌گیرنده را هم به صورت ساختار ارجحیتی فازی و هم ساختار ارجحیتی تابع مطلوبیت به زبان ریاضی بیان

کنند. استفاده از برنامه ریزی آرمانی چند بخشی به جای برنامه ریزی آرمانی چند انتخابی تکنیک مفید دیگری است که می تواند برای این مساله به کار گرفته شود.

## منابع

- [۱] محمد نژاد چاری، ف.، صفائی قایکلایی، ح.، (۱۳۹۵). شناسایی و رتبه بندی معیارهای انتخاب تامین کنندگان در زنجیره تامین لارج (مطالعه موردی: صنایع غذایی و لبنی کاله). مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۳(۴)، ۱۲۰-۱۳۰.
- [۲۸] نباتجیان، م.ر.، شهریای، ح.، شفائی، ر.، (۱۳۹۲). بهینه سازی مسایل طراحی استوار با چندین شاخص کیفی ناهمبسته با استفاده از تابع مطلوبیت، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۲۴(۳)، ۳۰۰-۳۱۴.
- [۲۹] محمدی، آ.، ابراهیم نژاد، س.، توکلی مقدم، ر.، (۱۳۹۱). ارایه یک مدل برنامه ریزی آرمانی به منظور تلفیق سه ساختار مختلف ارجحتی در تصمیم گیری گروهی، سومین همایش تخصصی مهندسی صنایع، ۱۰(۳)، ۱۰۶-۱۱۳.
- [2] Sarkar, A., Mohapatra, P. K., (2006). Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12 (3), 148-163.
- [3] Aissaoui, N., Haouari, M., Hassini, E., (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Computers & operations research*, 34 (12), 3516-3540.
- [4] De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European journal of purchasing & supply management*, 7 (2), 75-89.
- [5] Nydick, R. L., Hill, R. P., (1992). Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure. *Journal of supply chain management*, 28 (2), 31.
- [6] Tam, M. C., Tummala, V. R., (2001). An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *Omega*, 29 (2), 171-182.
- [7] Liao, C. N., Kao, H. P., (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming. *Computers & Industrial Engineering*, 58 (4), 571-577.
- [8] Gaballa, A., (1974). Minimum cost allocation of tenders. *Operational Research Quarterly*, 389-398.
- [9] Weber, C.A., Current, J. R., Benton, W. C., (1991). Vendor selection criteria and methods. *European journal of operational research* 50 (1), 2-18.
- [10] Pi, W. N., Low, C., (2005). Supplier evaluation and selection using Taguchi loss functions. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26 (1), 155-160.
- [11] Chang, B., Chang, C. W., Wu, C. H., (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Applications*, 38 (3), 1850-1858.
- [12] Wind, Y., Green, P. E., Robinson, P. J., (1968). The determinants of vendor selection: the evaluation function approach. *Journal of Supply Chain Management*, 4 (3), 29-41.
- [13] Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., Murugesan, P., (2015). Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 98, 66-83.
- [14] Ng, W. L., (2008). An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research*, 186 (3), 1059-1067.
- [15] Talluri, S., Vickery, S. K., Narayanan, S., (2008). Optimization models for buyer-supplier negotiations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38 (7), 551-561.
- [16] Sucky, E., (2007). A model for dynamic strategic vendor selection. *Computers & Operations Research*, 34 (12), 3638-3651.
- [17] Karpak, B., Kumcu, E., Kasuganti, R. R., (2001). Purchasing materials in the supply chain: managing a multi-objective task. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7 (3), 209-216.
- [18] Ghodsypour, S. H., O'Brien, C., (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International journal of production economics*, 56, 199-212.
- [19] Sharma, S., Balan, S., (2013). An integrative supplier selection model using Taguchi loss function, TOPSIS and multi criteria goal programming. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24(6), 1123-1130.

- [20] Magdalena, R., (2012). Supplier selection for food industry: a combination of Taguchi loss function and fuzzy analytical hierarchy process. *Asian J Technol Manage*, 5(1), 13-22.
- [21] Sari, T., Timor, M., (2016). Integrated supplier selection model using ANP, Taguchi loss function and PROMETHEE methods. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 11(1), 19-34.
- [22] Wang, G., Huang, S. H., Dismukes, J. P., (2004). Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology. *International journal of production economics*, 91 (1), 1-15.
- [23] Liao, C. N., Kao, H. P., (2011). An integrated fuzzy TOPSIS and MCGP approach to supplier selection in supply chain management. *Expert Systems with Applications*, 38 (9), 10803-10811.
- [24] Chang, C.T, (2011). Multi-choice goal programming with utility functions. *European Journal of Operational Research*, 215 (2), 439-445.
- [25] Saaty, T. L., (1980). *Analytic hierarchy process*. Wiley Online Library.
- [26] Moradkhani, D., Tagavi, F., (2007). *A Primer on the Taguchi Method*. Zanjan University Press.
- [27] Liao, C. N., (2010). Supplier selection project using an integrated Delphi, AHP and Taguchi loss function. *Probst forum*, 118-134.
- [30] Charnes, A., Cooper, W. W., (1961). Management models and industrial applications of linear programming. *JSTOR*, No. 339.23 C4.
- [31] Chang, C. T., (2007). Multi-choice goal programming. *Omega*, 35 (4), 389-396.
- [32] LiCalzi, M., Sorato, A., (2006). The Pearson system of utility functions. *European Journal of Operational Research*, 172 (2), 560-573.
- [33] Lai, Y. J., Hwang, C. L., (1994). *Fuzzy Multi Objective Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin, 139-262.