



بررسی کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) در مهندسی ارزش (VE)

غلامرضا هوائی^۱، امیرحسین کارآموزیان^۲، یزدان حیاتی^۳

۱- عضو هیأت علمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، havai@aut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مدیریت ساخت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- دانشجوی دکتری سازه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

مهندسی ارزش را بازنگری خلاق و سازمان یافته ارزشها تعریف نموده اند. برنامه کاری مهندسی ارزش مجموعه ای از رویکردها و عملکردها لازم برای بدست آوردن جواب بهتر و موثرتر برای مساله می باشد. برنامه مهندسی ارزش شامل هفت فاز به شرح ذیل می باشد: ۱- فاز عمومی، ۲- فاز اطلاعات، ۳- فاز عملکرد، ۴- فاز خلاقیت، ۵- فاز ارزیابی، ۶- فاز بررسی و توسعه، ۷- فاز اجرا، در فاز اطلاعات مساله به اشکال خاص تجزیه می شود. از کلی گویی پرهیز می گردد. اطلاعات مربوط بطور دقیق و معنی دار جمع اوری می شود تا در تصمیم گیری کمک نماید. فاز عملکرد مشتمل بر کلیه تلاش هایی است که برای ارزش صورت می گیرد. عملکردهای اصلی و فرعی تعریف می شوند. در فاز خلاقیت، روشهای خلق ایده های جدید بکارگرفته می شود. این روش برای خلق انبوهی از ایده ها در رابطه با محصولات، فرآیندها، روش ها و غیره برای رسیدن به عملکرد و یا عملکردهای تعریف شده بکار می رود هدف فاز خلاقیت در مهندسی ارزش گسترش و بسط بهینه ترین راه حلها برای حل مسائل مورد بررسی برای خلق ارزش است. حل خلاقانه مسئله در فاز خلاقیت پایه نگرش سیستمی در اجرای متدولوژی مهندسی ارزش است. در فاز ارزیابی، ذهن قضاوت گرا به فعالیت وادار می سود. عقاید و ایده هایی که در فاز خلاقیت ایجاد گردید تصفیه، اصلاح و ترکیب می گردد تا پیشنهاد مورد نظر حاصل شود. ایده های خلاقیتی که در بالا تصفیه، ارزیابی و مقایسه شد، در فاز تحقیق و بررسی در معرض تجدید نظر قرار می گیرند. با کمک گرفتن از مشاورین صنعتی استفاده از استانداردهای ملی که مورد استفاده قرار می گیرد منجر به راه حل های منطقی، عملی با هزینه پائین می گردد. در فاز اجرا جنبه هایی از قبیل چه چیز احتیاج است؟ (منابع، بودجه، زمان، افراد، کمک و غیره) مورد نظر قرار گرفته و پس از تایید تصمیم گیرنده مراحل اجرایی شروع می شود.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، تصمیم‌گیری چند معیاره، ارزش گذاری، فازی

۱- مقدمه

فرآیند مهندسی ارزش، روشی است سازماندهی شده بر پایه تحلیل کارکردهای یک فعالیت که با دیدی خلاق، پویا و جامع در جهت بهینه سازی کارکردهای یک فعالیت حرکت می کند. ساختار این روش بر پایه تکنیکهایی گام به گام و مرحله به مرحله برای شناسایی قسمتهایی با کارایی کم

وحذف هزینه های غیر ضروری و بطور کلی افزایش ارزش کارکردها استوار می باشد. برنامه کاری مهندسی ارزش رویه ای سیستماتیک و چهارچوبی برای به انجام رساندن وظایف تعیین شده در مهندسی ارزش می باشد. نکات برجسته این برنامه کاری تحلیل کارکردها، بکارگیری خلاقیت برای توسعه گزینه های مختلف و اصل بهبود کیفیت مطابق با نیازهای مشتری می باشد. به منظور بهبود تصمیم گیری افراد درگیر در کارگاه مهندسی ارزش این مراحل را می توان در نه مرحله بصورت زیر نشان داد:

۱. فاز انتخاب (Selection phase)
۲. فاز بررسی (Investigation phase)
۳. فاز اندیشیدن (Speculation phase)
۴. فاز ارزیابی (Evaluation phase)
۵. فاز پروراندن (Development phase)
۶. فاز ارائه (Presentation phase)
۷. فاز اجرا (Implementation phase)
۸. فاز وارسی (Audit phase)
۹. گزارش تغییرات مهندسی ارزش (VE change report)

ارزیابی گزینه های پیشنهاد شده در فاز اندیشیدن و پیشنهاد گزینه های بهتر و در انتها انتخاب بهترین گزینه قابل اجرا در فاز پروراندن را می توان از مهمترین اهداف فاز ارزیابی در مهندسی ارزش برشمرد.

مهندسی ارزش یکی از ابزارهایی که امروزه به نحو مطلوبی در خدمت مدیران پروژه ها قرار دارد و تجربه نشان داده است که می تواند به وسیله ی تولید ایده های خلاقانه عملکرد و کارایی پروژهها را افزایش دهد، مهندسی ارزش است. کاربرد مهندسی ارزش در دهه ۱۹۶۰ میلادی توسط ارتش امریکا به حوزه ی مدیریت پروژه های عمرانی توسعه یافت و امروزه در پروژهای ساخت و ساز در بسیاری از کشورها به طور وسیع به کار گرفته می شود [1].

با تقسیم فرآیند طراحی هر محصول به چهار مرحله اصلی شناختن، مشخصات کلی محصول، طراحی مفهومی، طراحی تجسمی و طراحی تفصیلی (طراحی اجزاء) و با توجه به اینکه مهمترین فعالیت در طراحی مفهومی، ایجاد روشهای مختلف، ارزیابی و انتخاب بهترین گزینه برای طراحی می باشد، می توان انتخاب را یکی از مسائل مهم طراحی دانست و از آنجا که معیارهای گوناگونی برای این انتخابها مطرح می باشد، تصمیم گیریهای چند معیاره را می توان یکی از فرآیندهای مهم در طراحیها، انتخابها و تصمیم گیریها برشمرد. به همین جهت محققین رشته های مختلف توجهی دوچندان نسبت به گونه های مختلف مدلهای تصمیم گیریهای چندمعیاره (MCDM) معطوف داشته اند. در اینگونه مدلها به جای استفاده از یک معیار برای سنجش بهینگی از چند معیار سنجش استفاده می شود. این گونه مدلهای تصمیم گیری به دو دسته عمده که هر دو دسته بر تصمیم گیری با تعدادی معیار تمرکز دارند تقسیم می شوند. مدلهای تصمیم گیری چند هدفه (MODM) و مدلهای چند شاخصه تصمیم گیری (MADM). عمده تفاوت این دو دسته در این است که اولی (MODM) بیشتر بر محیطهای تصمیم گیری پیوسته تمرکز داشته (مخصوصاً برنامه ریزیهای ریاضی با تابع هدفهای متعدد) و دومی (MADM) بیشتر بر محیطهایی با فضاهاى تصمیم گیری گسسته متمرکز می باشد (هر چند در مواردی مانند برنامه ریزیهای صفر و یکی با اهداف چندگانه نیز از (MODM) استفاده می شود) به عبارت دیگر می توان گفت

مدلهای چند هدفه بیشتر به منظور طراحی بکارگرفته می شوند در حالیکه مدلهای چند شاخصه اغلب به منظور انتخاب گزینه برتر بکار گرفته می شوند.

۲- هدف از مرحله ارزیابی

از آنجا که بسیاری از ایده های ارائه شده از پتانسیل مهندسی لازم برخوردار نیستند و نمی توان آنها را راهکارهایی مناسب تلقی کرد، لذا لازم است با ارزیابی مقایسه ای تمامی ایده ها، بهترین و قوی ترین آنها را شناسائی کرد. بنابراین طی مرحله ارزیابی در مطالعات مهندسی ارزش، یافته های مرحله اندیشیدن مورد تجزیه و تحلیل های دقیق کارشناسی قرار گرفته و با بهره گیری از روشهای مقایسه ای، بهترین ایده ها برای پرورش دادن های بعدی، انتخاب می شوند. در این مرحله با بکارگیری روش های امتیاز دهی عددی (همچون روش متداول در کارهای آموزشی برای تعیین رتبه شرکت کنندگان در هر کلاس مفروضی)، لیستی از ترتیب توالی / اولویت بندی تمامی ایده های نوری ارائه شده تهیه می شود. بایستی نهایت دقت در ارزیابی های مورد بحث بعمل آید که یک ایده ضعیف رتبه بالائی را کسب نکرده و ایده ای قوی از قلم نیافتد [3,6].

۳- اندازه گیری ارزش

اندازه گیری ارزش فرآیندی است که برای تعیین ارزش عناصر موجود در سیستم استفاده می گردد، از آن می توان برای اندازه گیری ارزش تعدادی از آیتم های مختلف همانند کالاهای یک فروشگاه، دپارتمان های یک سازمان و قطعات یک محصول استفاده کرد.

این فرآیند شامل گام های زیر است:

۱- شناخت سیستم و اجزای تشکیل دهنده آن

۲- آنالیز نیازها و تعیین عملکرد اجزا

۳- تعیین ارزش اجزای سیستم

۴- انتخاب مرجع برای بهبود

۴- تکنیک های اندازه گیری ارزش:

از تکنیک های معمول اندازه گیری ارزش مقایسات دودویی می باشد. در فرآیند مقایسه دودویی، وظیفه یا عنصری از بین ی ک جفت وظیفه یا عنصر انتخاب می گردد که از نظر برخی مشخصات ویژه از سطح بالایی برخوردار باشد، با تکرار فرآیند در مورد تمام جفت های ممکن تعیین مقدار ارزش عناصر امکان پذیر می گردد.

تخمین مستقیم اهمیت DME (Direct Measurement Estimate) نیز یکی از روش های ساده اندازه گیری ارزش می باشد. در روش DME افراد، ارقامی را به طور مستقیم و متناسب با اهمیت مشخصه ای که ارقام دارند تخمین می زنند، استفاده از خطکش های استاندارد اندازه گیری موجود می تواند جهت تخصیص درست اهمیت ها به ما کمک کند. در روش DME جهت تعیین متوسط اهمیت یک عنصر از میانگین هندسی نظر افراد، استفاده می کنیم.

روشی که می تواند جامع تر باشد و اهمیت های مناسبتر به ما بدهد استفاده از روش های MCDM است، که در این قسمت ما سعی می کنیم بیشتر روی این موضوع مانور دهیم و روش های دیگر اندازه گیری را کنار بگذاریم. از آن جایی که اندازه گیری اهمیت های اجزا ماهیتاً می تواند به عنوان یک مساله تصمیم گیری

مطرح گردد لذا می توان در قالب چارچوب های مدل های تصمیم گیری آن را بررسی کرد.

در مدل های چند معیاره MCDM (Multiple Criteria Decision Making) به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینه گی از چندین معیار سنجش استفاده می کند و این خود باعث دقیق تر شدن جواب های حاصله می گردد. این مدل های تصمیم گیری به دسته عمده تقسیم می

گردند: مدل های چند هدفه MODM (Multiple Objective Decision Making) و مدل های چند شاخصه MADM

(Multiple Attribute Decision Making) به گونه ای که مدل های چند هدفه به منظور طراحی به کار گرفته می شوند در حالی که مدل های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر استفاده می گردند. از آنجایی که خروجی مدل های MADM اولویت هر یک از گزینه هاست لذا میتوان ماهیت مساله اندازه گیری ارزش را به این نوع از مدل های MCDM نسبت داد.

برای شروع فرآیند اندازه گیری ارزش از طریق روش MADM لازم است که ارتباط هر جزء با سایر اجزا در ساختار رده ای و در سطوح مختلف مشخص گردد و ارتباط هدف اصلی موجود از مساله با پائین ترین سطح موجود از سلسله مراتب تشکیل شده دقیقاً " روش نشده باشد. هر جزء در این گونه ساختار، تحت تسلط برخی یا کلیه عناصر موجود در سطح بلافاصله بالاتر از آن می باشد. عوامل و زیر فاکتورهای موثر در تصمیم گیری را می توان به صورت سطوح مختلف نشان داد به طوری که هر سطح شامل زیرفاکتورهای متأثر از متغیر یا متغیرهای موجود در سطح بلافاصله ماقبل می باشد. [4,5]

لازم است در مورد هر سطح اوزان مطلوبیت مثبت و مطلوبیت منفی محاسبه گردد تا در نهایت بتوانیم اوزان کلی اجزا یا وظایف نسبت به هدف کلی محاسبه گردد. به این منظور برای هر سطح، ماتریس تصمیم در مورد مطلوبیت های مثبت و منفی تشکیل می دهیم، آرایه های این ماتریس ها بیانگر اثر بهبود بخشی و هزینه بری عناصر موجود در آن سطح در رابطه با عنصر از سطح بلافاصله بالاتر است. برای تشکیل ماتریس های تصمیم عناصر موجود در هر سطح را از نظر اهمیت هزینه بری (یک بار هم از نظر بهبود بخشی) آنها نسبت به یکدیگر در رابطه با تاثیر آنها بر هزینه (یک بار هم بر سود) هر یک از عناصر بالاتر مقایسه می کنیم، که به این کار انجام مقایسه زوجی می گویند. برای بالا رفتن دقت تعداد تصمیم گیرنده ها (DM) را زیاد می کنیم و همانند روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) گروهی از میانگین هندسی نظر افراد برای تعیین آرایه های ماتریس تصمیم استفاده می کنیم. [2,7]

بعد از ایجاد ماتریس های تصمیم باید برای هر ماتریس بردار اوزان محاسبه گردد معمولی ترین روش برای تعیین بردار اوزان استفاده از روش میانگین هندسی است، بدین صورت که از ماتریس میانگین هندسی سطری گرف ته سپس اعداد بدست آمده از میانگین ها را نرمالیزه می کنیم، اعداد به دست آمده بیانگر اوزان هر جزء نسبت به هدف ماقبل می باشد. برای محاسبه اوزان کلی وظایف یا اجزا باید اوزان نهایی هر سطح را مشخص کرد، برای این منظور از مفهوم " وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصلضرب وزن معیار در وزن گزینه مربوطه از آن معیار به دست می آید " استفاده کرده و در هر سطح اوزان نهایی را مشخص کرده و بعد از گذر از سطوح مختلف نهایتاً " اوزان نهایی مطلوبیت های مثبت و منفی از فرمول $Value Index =$ استفاده کرده و شاخص ارزش هر یک از وظایف (عملکرد ها) اجزا را به دست می آوریم. البته لازم به توضیح است که می توان برای دقت بیشتر در پروسه ساختن ماتریس های تصمیم و محاسبه اوزان از روش های پیچیده و دقیق تر MADM مثل روش مارکوف، روش کمترین مج ذرات وزین شده و ... و تست های موجود سازگاری نیز استفاده نمود.

5- اندازه گیری ارزش با تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) در مرحله ی ارزیابی

ارزیابی گزینه های پیشنهاد شده در فاز اندیشیدن و پیشنهاد گزینه های بهتر و در انتها انتخاب بهترین گزینه قابل اجرا در فاز پروراندن را می توان از مهمترین اهداف فاز ارزیابی در مهندسی ارزش برشمرد.

با تقسیم فرآیند طراحی هر محصول به چهار مرحله اصلی شناختن، مشخصات کلی محصول، طراحی مفهومی، طراحی تجسمی و طراحی تفصیلی (طراحی اجزاء) و با توجه به اینکه مهمترین فعالیت در طراحی مفهومی، ایجاد روشهای مختلف، ارزیابی و انتخاب بهترین گزینه برای طراحی می باشد، می توان انتخاب را یکی از مسائل مهم طراحی دانست و از آنجا که معیارهای گوناگونی برای این انتخابها مطرح می باشد، تصمیم گیریهای چند معیاره را می توان یکی از فرآیندهای مهم در طراحیها، انتخابها و تصمیم گیریها برشمرد. به همین جهت محققین رشته های مختلف توجهی دوچندان نسبت به گونه های مختلف مدلهای تصمیم گیریهای چند معیاره (MCDM) معطوف داشته اند. در اینگونه مدلها به جای استفاده از یک معیار برای سنجش بهینگی از چند معیار سنجش استفاده می شود. این گونه مدلهای تصمیم گیری به دو دسته عمده که هر دو دسته بر تصمیم گیری با تعدادی معیار تمرکز دارند تقسیم می شوند. مدلهای تصمیم گیری چند هدفه (MODM) و مدلهای چند شاخصه تصمیم گیری (MADM). عمده تفاوت این دو دسته در این است که اولی (MODM) بیشتر بر محیطهای تصمیم گیری پیوسته تمرکز داشته (مخصوصاً برنامه ریزیهای ریاضی با تابع هدفهای متعدد) و دومی (MADM) بیشتر بر محیطهایی با فضاهاى تصمیم گیری گسسته متمرکز می باشد (هر چند در مواردی مانند برنامه ریزیهای صفر و یکی با اهداف چندگانه نیز از (MODM) استفاده می شود) به عبارت دیگر می توان گفت مدلهای چند هدفه بیشتر به منظور طراحی بکارگرفته می شوند در حالیکه مدلهای چند شاخصه اغلب به منظور انتخاب گزینه برتر بکار گرفته می شوند [1,8].

بدلیل اهمیتی که برای تصمیم گیریهای چند معیاره برشمردیم توجهی چشمگیر به بکارگیری این مدلها در امور مختلف از جمله مهندسی ارزش معطوف گشته و روشهای گوناگونی برای اینگونه تصمیم گیریها ارائه گردیده است، که تعدادی از آنها نیز در مهندسی ارزش بکار گرفته شده است مانند روش AHP که توسط آقای محمد دهیم حسین در رساله دکترای شان بکار گرفته شده است. ولی با توجه به اینکه مهندسی ارزش در مراحل اولیه طراحی انجام می پذیرد، ارزیابی دقیق بسیاری از معیارها مشکل است و نمی توان گزینه های مختلف را در مقابل هر معیار ارزیابی کرد. روشی که در این قبیل مسائل می تواند راهگشای مشکل باشد نظریه مجموعه های فازی است. بدلیل اینکه با استفاده از نظریه مجموعه های فازی دقت عددی داده های ورودی مورد نیاز نمی باشد، این روش کمک شایانی به گروه مهندسی ارزش در جهت انجام ارزیابی دقیق در این مقطع خواهد بود. ارزش این روش بخصوص در مواردی که ارزیابی معیارها وابسته به طرز تفکر اشخاص باشد، بیشتر تجلی پیدا خواهد کرد. با توجه به اینکه انتخاب گزینه برتر از میان ایده های ارائه شده با در نظر گرفتن معیارهای گوناگون فنی و مالی و زمان اجراء هر ایده صورت می پذیرد، ارزیابی ایده های ارائه شده یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره می باشد و با توجه به اینکه مهندسی ارزش اغلب در مراحل اولیه طراحی یا اجراء صورت می پذیرد و در این مراحل هنوز بسیاری از عوامل بصورت تقریبی هستند، در بررسی و ارزیابی به منظور انتخاب گزینه های برتر با عدم قطعیت روبرو هستیم. برای آنالیز این عدم قطعیت می توان روشهای مختلفی را بکار گرفت مانند: استفاده از شبیه سازی مونت کارلو برای توسعه توزیع احتمالات در نتایج ارزیابی، استفاده از متغیرهای آماری (مانند میانگین یا انحراف معیار) برای بدست آوردن میانگین و انحراف معیار نتایج ارزیابی یا بکارگیری فواصل (حدود) برای متغیرها به منظور تخمین محدوده احتمالی داده ها. بدلیل اینکه بسیاری از متغیرهای ورودی ما مبنای آماری ندارند روشهای اول و دوم که روشهای معمول آماری هستند روشهای مناسبی نیستند. همچنین تحلیل بازه ها انتخاب گزینه برتر را

در مواردیکه گزینه ها همپوشانی داشته باشند مشکل می نماید. به این ترتیب در این مطالعه نظریه مجموعه های فازی برای توصیف عدم قطعیت در ارزیابی گزینه ها و نتایج آنها به کار گرفته شده و پیشنهاد شده است.

۱-۵- تحلیل داده ها با در نظر گرفتن مقادیر فازی

همانطور که اشاره شد هدف ما ارزیابی ایده های ارائه شده در کارگاه مهندسی ارزش با استفاده از نظریه فازی می باشد و بنابراین هر فرد امتیازی را برای هر کدام از ایده های ارائه شده در برابر هر معیار در نظر می گیرد. بطورکلی می توان روش رتبه بندی پیشنهاد شده را به دو قسمت عمده تقسیم کرد. در ابتدا با توجه به وزن هر معیار و مقداری که ایده مورد نظر در برابر آن معیار دریافت کرده، امتیازات مربوط به هر ایده جمع بندی شده و به یک امتیاز تبدیل می شوند. سپس با تبدیل شدن مسئله به یک مسئله یک معیاری، رتبه بندی ایده ها صورت می پذیرد. بنابراین دو مرحله کار به این شرح می باشند:

۱- جمع بندی امتیازات هر ایده و ارائه آنها با یک مقدار

۲- رتبه بندی ایده ها با توجه به مقدار بدست آمده از مرحله قبل

این روش همانگونه که گفته شد روش مناسبی برای استفاده در مواردی است که اهداف ناسازگار بوده، درجه اهمیتی نامساوی داشته باشند (وزن دهی) جهت امتیازدهی برای هر معیار متفاوت باشد و مقدار ارائه شده برای هر ایده در مقابل معیارها نامطمئن باشد. پس از رتبه بندی ایده ها با در نظر گرفتن همه معیارها و با به انجام رساندن این دو مرحله برای معیار هزینه به تنهایی و ارائه شاخصها برای این معیار، می توان براحتی فاز توسعه را با مقایسه و سبک و سنگین کردن شاخص ارائه شده برای معیارهای دیگر و شاخص ارائه شده برای هزینه پیاده کرد. به دلیل اینکه می خواهیم معیارهایی با خصوصیات مختلف را با یکدیگر جمع کرده و نظرهایی را با توجه به تمامی معیارها (که خصوصیات مختلفی مثل واحدهای اندازه گیری متفاوت دارند) ارائه کنیم می بایست $Z_{i,h}(x)$ که همانطور که اشاره شد امتیاز ایده در مقابل معیار می باشد را برای هر معیار به نمایه ای تبدیل کنیم، زیرا مقایسه مستقیم معیارهایی که دارای خصوصیات (و بنابراین مقدار) متفاوت هستند مشکل می باشد. با در نظر گرفتن مقادیر $(BES Zi)$ و $(WOR Zi)$ به عنوان بهترین و بدترین میزان برای $Z_{i,h}(x)$ نمایه $Si,h(x)$ را می توان بصورت زیر محاسبه کرد:

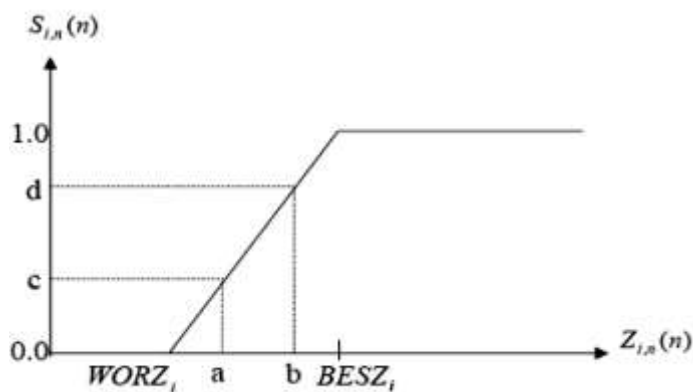
- اگر $BES Zi > WOR Zi$ آنگاه:

$$S_{i,h}(x) = \begin{cases} 1 & Z_{i,h}(x) \geq BESZ_i \\ \frac{(Z_{i,h}(x) - WORZ_i)}{(BESZ_i - WORZ_i)} & WORZ_i < Z_{i,h}(x) < BESZ_i \\ 0 & Z_{i,h}(x) \leq WORZ_i \end{cases}$$

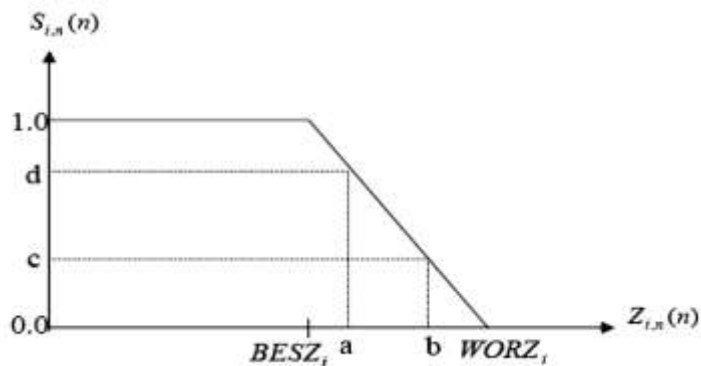
- اگر $BES Zi < WOR Zi$ آنگاه:

$$S_{i,h}(x) = \begin{cases} 1 & Z_{i,h}(x) \leq BESZ_i \\ \frac{(Z_{i,h}(x) - WORZ_i)}{(BESZ_i - WORZ_i)} & BESZ_i < Z_{i,h}(x) < WORZ_i \\ 0 & Z_{i,h}(x) \geq WORZ_i \end{cases}$$

بدین ترتیب تابع $Z_{i,h}(x)$ به نمایه $S_{i,h}(x)$ تبدیل می شود و شکل آن از حالت ذوزنقه ای ، به حالت نشان داده شده در نمودارهای ۳ و ۴ تبدیل می شود. دو حالت در نظر گرفته شده در بالا بدلیل جهت های مختلف امتیازدهی در معیارهای مختلف می باشند. بعنوان مثال برای معیار هزینه هرچه قدر مقدار بیشتر باشد به سمت عدم مطلوبیت پیش می رویم ولی برای معیار دیگری مثل دوام عکس این قضیه صادق است. با بکارگیری این دو حالت جهت معیارها تأثیری در محاسبات نخواهد گذاشت. بنابراین با توجه به خصوصیت هر معیار یکی از دو حالت پیشنهاد شده انتخاب می گردد.



نمودار ۱: تابع نمایه در حالتی که $BESZ_i > WORZ_i$



نمودار ۲: تابع نمایه در حالتی که $BESZ_i < WORZ_i$

برای جمع بندی امتیاز تمام معیارها و ارائه مقدراری برای هر ایده با در نظر گرفتن امتیازی که برای هر ایده در مقابل هر کدام از معیارها در نظر گرفته شده از فرمول زیر استفاده می شود:

$$I_h(x) = \left\{ \sum_{i=1}^n W_i (S_{i,h}(x))^P \right\}^{\frac{1}{P}}$$

n = تعداد معیارها

$S_{i,h}$ = نمایه معیار i ام با سطح باور h

w_i = وزن هر معیار ($\sum w_i = 1$)

P = فاکتور متعادل کننده

$I_h(x)$ = نمایه نهائی ارائه شده برای هر ایده

برای وزن دهی هر معیار می بایست ضریب وزنی معیارها را به منظور مقایسه اهمیت آنها درمقابل یکدیگر محاسبه نمود. برای این منظور می توان روشهایی مانند AHP را به کار گرفت. فاکتور متعادل کننده $P \geq 1$ به گروهی از معیارها تعلق می گیرد تا اهمیت انحراف از مقدار مطلوب را بیان کند. اهمیت وابسته به حداکثر انحرافها به معنی بیشترین اختلاف بین مقدار نمایه و بهترین مقداری است که به معیار تعلق می گیرد. به عبارت دیگر می توان گفت این فاکتور تأثیر انحرافات و اختلافها را مشخص می کند. بدین ترتیب اگر $P=1$ باشد همه اختلافات بصورت یکسان و برابر وزن می گیرند و در صورتیکه $P=2$ باشد هر انحرافی به نسبت بزرگی خود اهمیت می یابد. بنابراین هر چه P بزرگتر می شود اهمیت انحرافها بیشتر و بیشتر می شود. بطور کلی $P \geq 3$ برای محدود کردن معیارها تعیین می گردد یعنی معیارهایی که در آنها خروجیهای نامطلوب ممکن است ایده پیشنهاد شده را خدشه دار نماید.

نکته ای که درباره این روش می توان گفت این است که در صورتیکه معیارها به خودی خود نیز به چند عامل دیگر بستگی داشته باشند، می توان با محاسبه نمایه (طبق فرمول ارائه شده برای نمایه نهایی) این کار را در سطح پائین تری برای معیارها انجام داده، سپس با استفاده از روش گفته شده نمایه نهایی را برای ایده محاسبه نمود. به عبارت دیگر می توان مسئله را سطح بندی کرده و سپس همین روال را از سطح پائینتر دنبال کنیم تا در نهایت نمایه نهایی برای ایده مورد نظر محاسبه گردد. بدین ترتیب مسئله قابلیت گسترش در سطوح مختلف تصمیم گیری را خواهد داشت.

۲-۵- آماده سازی گزینه های مختلف ایده ها برای رتبه بندی:

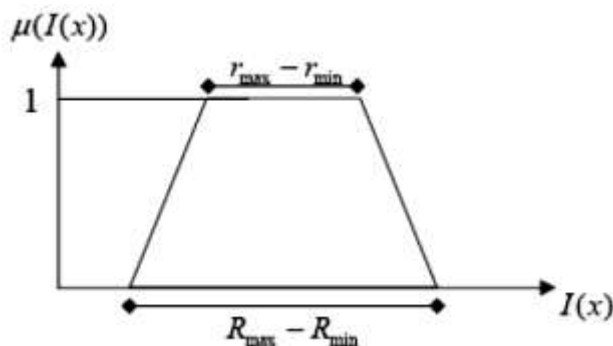
پس از بدست آوردن مقدار نمایه نهایی برای هر ایده با در نظر گرفتن این نمایه به عنوان عددی فازی که متعلق به یک مجموعه فازی است تابع عضویت آن تعیین می شود. فرض کنید $I(x)$ عضوی از یک مجموعه فازی است که امتیاز نهایی ایده را (برای ایده x) مشخص می کند. با محاسبه $Ih(x)=0$ (در سطح باور صفر) و $Ih(x)=1$ در سطح باور یک می توان تابع عضویت $[Ii(n)]$ را که یک تابع تکه ای خطی می باشد، بصورت تقریبی محاسبه کرد.

$$\mu [I(x)] = \begin{cases} 1 & r_{\min} \leq I(x) \leq r_{\max} \\ \frac{I(x) - R_{\min}}{r_{\min} - R_{\min}} & R_{\min} \leq I(x) < r_{\min} \\ \frac{I(x) - R_{\max}}{r_{\max} - R_{\max}} & r_{\max} < I(x) \leq R_{\max} \\ 0 & \end{cases}$$

r_{\min} = کمترین مقدار $Ih(x)=1$ برای اندیس نهائی
 r_{\max} = بیشترین مقدار $Ih(x)=1$ برای اندیس نهائی
 R_{\min} = کمترین مقدار $Ih(x)=0$ برای اندیس نهائی
 R_{\max} = بیشترین مقدار $Ih(x)=0$ برای اندیس نهائی

همانطور که در روابط قبلی مشخص می باشد $Ih(x)=0$ از $Zi, h(x)=0$ بدست آمده و $Ih(x)=1$ از $Zi, h(x)=1$ حاصل می گردد. در صورتیکه n ایده برای رتبه بندی وجود داشته باشد، n مجموعه فازی بصورت نمودار μ حاصل خواهد شد، که توابع عضویت آنها از رابطه زیر بدست می آیند.

$$[I_{(n)} | n = 1, 2, \dots, n]$$



نمودار ۳: مجموعه فازی امتیازات هر ایده

۳-۵- رتبه بندی ایده ها:

برای رتبه بندی این n مجموعه فازی، می توان از روشهای گوناگونی که برای رتبه بندی اعداد فازی پیشنهاد شده است استفاده نمود. طبق نظر آقایان چن و هوانگ این روشها در چهار گروه مختلف دسته بندی می شوند:

- ۱- برای گروه اول نسبت تقدم بکار گرفته می شود. این تکنیکها درجه بهینگی، برش α و توابع مقایسه را در بر می گیرند.
- ۲- استفاده از میانگین فازی وبسط آن که توزیعات احتمالی را بکار می گیرند.

۳- امتیاز دهی فازی برای مقایسه که تکنیکهایی مانند گزاره های بهینه ، امتیازات چپ و راست نمایه مرکز ثقل ، اندازه گیری مساحت و مجموعه های کمینه و بیشینه را بکار می گیرند.

۴- اصطلاحات زبانشناسی و بکارگیری واژه ها مهمترین ابزار در گروه چهارم می باشند.

روشی که در اینجا برای رتبه بندی ایده ها که امتیاز آنها بصورت یک عدد فازی مطرح شده در نظر گرفته شده، روشی است که توسط آقای چن توسعه یافته است. در این روش برای رتبه بندی اعداد فازی از مجموعه های بیشینه ساز و کمینه ساز استفاده می شود. مجموعه بیشینه M که زیر مجموعه ای فازی می باشد، دارای تابع عضویت μ_M است که بصورت زیر تعریف شده است:

$$\mu_M(I) = \begin{cases} (I - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min}) & I_{\min} \leq I \leq I_{\max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$I_{\min} = \min(\min_{h=0} I_h(x)) \quad \text{در حالیکه } x = 1, \dots, n$$

$$I_{\max} = \max(\max_{h=0} I_h(x)) \quad \text{در حالیکه } x = 1, \dots, n$$

در این صورت مقدار مطلوبیت سمت راست $UR(x)$ برای گزینه x ام بصورت زیر تعریف می شود:

$$\max(\min(\mu_M(I(x)), \mu(I(x))) = UR(x)$$

و مجموعه کمینه G را که زیر مجموعه ای فازی با تابع عضویت μ_G می باشد بصورت زیر تعریف می شود:

$$\mu_G(I) = \begin{cases} (I - I_{\max}) / (I_{\min} - I_{\max}) & I_{\min} \leq I \leq I_{\max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

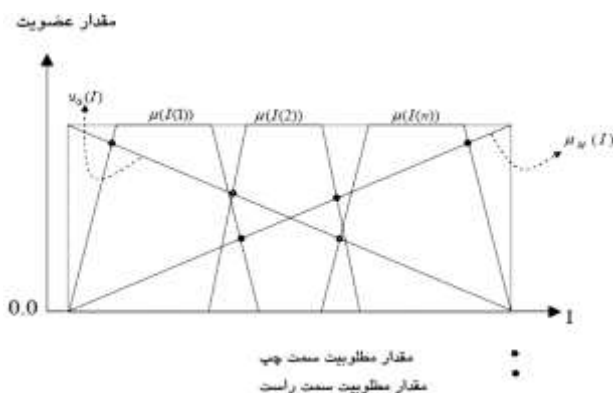
و مقدار مطلوبیت سمت چپ $UL(x)$ را برای گزینه x بصورت زیر تعریف می شود:

$$UL(x) = \max(\min(\mu_G(L), \mu(I(x)))$$

بدین ترتیب مطلوبیت کلی برای گزینه x (ایده شماره) به صورت رابطه زیر قابل تعریف است:

$$U_{(x)} = \frac{(U_R(x) + 1 - U_L(x))}{2}$$

گزینه ای که بیشترین مقدار مطلوبیت را داشته باشد بعنوان برترین گزینه ارائه می گردد و بدین ترتیب با داشتن مقدار مطلوبیت برای تمام گزینه ها، رتبه بندی انجام می پذیرد.



نمودار ۴: توابع امتیاز نهایی ایده ها به همراه توابع مطلوبیت

مهندسی ارزش در مراحل ابتدایی پروژه بیشترین تاثیرگذاری و قابلیت صرفه جویی را خواهد داشت. به همین دلیل در بسیاری از موارد مهندسی ارزش در مراحل اولیه طراحی بکار گرفته می شود که در این صورت فازی بودن و غیرقطعی بودن روش پیشنهادی در این مقاله کمک شایانی برای رتبه بندی ایده ها نموده و بدلیل اینکه شرایط کاملاً واقعی در سیستم پیاده می شود، نتایج نیز به واقعیت نزدیکتر خواهند بود. ضمن اینکه بدلیل خصوصیات این روش و قابلیت بکارگیری آن در مواردی که اهداف در تضاد بوده و درجه اهمیت معیارها متفاوت است می توان این روش را انتخابی مناسب برای مهندسی ارزش دانست. با بکارگیری این روش در فاز ارزیابی مهندسی ارزش و با در (منظور همه معیارها به غیر از هزینه می باشد) رتبه بندی ایده ها ارائه می گردد و سپس با بکارگیری نظر گرفتن معیارهای غیر اقتصادی فاز توسعه در مهندسی ارزش آغاز می گردد. پس از آن با تقسیم مقدار مطلوبیت نهائی مجدد این روش تنها با در نظر گرفتن معیار هزینه بدست آمده در فاز ارزیابی به مقدار مطلوبیت نهائی بدست آمده در فاز توسعه (تنها برای معیار هزینه) رتبه بندی ایده ها به سهولت و با دقت

قابل قبول انجام می پذیرد. بدین ترتیب با داشتن سه رتبه بندی، یکی براساس معیارهای غیراقتصادی، دیگری براساس معیار هزینه و در نهایت براساس نمایه ارائه شده (حاصل از تقسیم مقدار مطلوبیت غیراقتصادی به مقدار مطلوبیت معیار هزینه) و تحلیل این رتبه بندیها و گزینه برتر (ایده برتر) انتخاب می گردد.

بسیاری از مخالفان نظریه فازی دشواری تعیین دقیق درجه عضویت را از عوامل برتری دیگر روشها بر استفاده از نظریه فازی بیان می کنند و این موضوع را نقطه ضعف این نظریه می پندارند. طبق نظر پروفیسور زاده چندان مناسب نیست که تعیین درجه عضویت را مسئله ای مهم و واجب در نظریه فازی پنداریم. بنابراین پرداختن به این موضوع (تعیین دقیق درجه عضویت هر عضو) خارج از روح نظریه فازی بوده و نمی توان مشکل بودن تعیین دقیق درجه عضویت را بهانه ای برای استفاده نکردن از این روش قرار داد.

بدین ترتیب به نظر می رسد که استفاده از منطق فازی به منظور تحلیل عدم قطعیت موجود در فاز ارزیابی و بررسی ایده ها بسیار مفید باشد. دلیل عمده این مسئله ابهاماتی است که هنوز در مورد ایده های پیشنهادی وجود دارند و ما را از رسیدن به تصمیم قطعی در مورد انتخاب آنها باز می دارند. ضمن اینکه به دلیل خصوصیت این روش در تحلیل عدم قطعیت، برخلاف نظر سطحی که این روش را پیچیده می انگارد، این روش باعث ساده سازی بکارگیری مهندسی ارزش به دلیل ساده سازی در ارزیابی و ارزش گذاری ایده ها می گردد. [1,4]

۶- نتیجه گیری

با توجه به اینکه یکی از معایب عمده مهندسی ارزش مربوط به وجود عدم قطعیت ها در محاسبه و تعیین شاخص های ارزش و بهای عملکرد هاست وارد نمودن اصول تصمیم گیری چند معیاره بر مبنای تئوری فازی در فرآیندهای تصمیم گیری و ارزش گذاری مهندسی ارزش این نقیصه را برطرف نموده و اثربخشی مهندسی ارزش را از طریق نزدیک نمودن تصمیمات به واقعیت های موجود افزایش می دهد.

مهندسی ارزش در مراحل ابتدایی پروژه بیشترین تاثیرگذاری و قابلیت صرفه جویی را خواهد داشت. به همین دلیل در بسیاری از موارد مهندسی ارزش در مراحل اولیه طراحی بکار گرفته می شود که در این صورت فازی بودن و غیرقطعی بودن روش مناسبی برای رتبه بندی ایده ها بوده و بدلیل اینکه شرایط کاملاً واقعی در سیستم پیاده می شود، نتایج نیز به واقعیت نزدیکتر خواهند بود. ضمن اینکه بدلیل خصوصیات این روش و قابلیت بکارگیری آن در مواردی که اهداف در تضاد بوده و درجه اهمیت معیارها متفاوت است می توان این روش را انتخابی مناسب برای مهندسی ارزش دانست. با بکارگیری این روش در فاز ارزیابی مهندسی ارزش و با در نظر گرفتن معیارهای غیر اقتصادی (منظور همه معیارها به غیر از هزینه می باشد) رتبه بندی ایده ها ارائه می گردد و سپس با بکارگیری مجدد این روش تنها با در نظر گرفتن معیارهای هزینه فاز توسعه در

مهندسی ارزش آغاز می گردد. پس از آن با تقسیم مقدار مطلوبیت نهائی مجدد این روش تنها با در نظر گرفتن معیار هزینه بدست آمده در فاز ارزیابی به مقدار مطلوبیت نهائی بدست آمده در فاز توسعه (تنها برای معیار هزینه) رتبه بندی ایده ها به سهولت و با دقت قابل قبول انجام می پذیرد. بدین ترتیب با داشتن سه رتبه بندی، یکی براساس معیارهای غیراقتصادی، دیگری براساس معیار هزینه و در نهایت براساس نمایه ارائه شده (حاصل از تقسیم مقدار مطلوبیت غیراقتصادی به مقدار مطلوبیت معیار هزینه) و تحلیل این رتبه بندیها، گزینه برتر (ایده برتر) انتخاب می گردد. بدین ترتیب به نظر می رسد که استفاده از منطق فازی به منظور تحلیل عدم قطعیت موجود در فاز ارزیابی و بررسی ایده ها بسیار مفید باشد. دلیل عمده این مسئله ابهاماتی است که هنوز در مورد ایده های پیشنهادی وجود دارند و ما را از رسیدن به تصمیم قطعی در مورد انتخاب آنها باز می دارند. ضمن اینکه به دلیل خصوصیت این روش در تحلیل عدم قطعیت، برخلاف نظر سطحی که این روش را پیچیده می انگارد، این روش باعث ساده سازی بکارگیری مهندسی ارزش به دلیل ساده سازی در ارزیابی و ارزش گذاری ایده ها می گردد.

مراجع

- [1] Naderpajouh N., Afshar A., Mirmohammadsadeghi S., "Fuzzy Decision Support System for Application of Value Engineering in Construction Industry", International Journal of Civil Engineering. Vol. 4, No. 4. 006.
- [2] محمد اسماعیل انصاری، مهدی پورمصطفی، «کاربرد تکنیک های MCDM برای اولویت بندی عوامل تاثیر گذار بر فاز خلاقیت در مهندسی ارزش»، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت، نوآوری و کارآفرینی، ۱۳۸۹.
- [3] احد نظری، ناصر جمالی هرسینی، یاسر گلدوست جویباری، «کاربرد مهندسی ارزش در بهبود طراحی پروژه های ساختمانی»، ۱۳۸۹.
- [4] Wang J., "Ranking engineering design concepts using a fuzzy outranking preference model", Fuzzy Sets and Systems, 2001.
- [5] روزبهانی، سینا قبادی، علیرضا، «کاربرد MADM ها در مهندسی ارزش»، سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش، ۱۳۸۷.
- [6] Moosavi S., Alamtabriz A., "Evaluation of Projects Performance by Using Value Engineering and Fuzzy TOPSIS", Journal of Basic and Applied Scientific Research, 013.
- [7] Mahmoodzadeh S., Shahrabi J., Pariazar M., "Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique", International Journal of Social, Human Science and Engineering Vol:1 No.6, 007.
- [8] قدسی پور، س؛ «مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره: برنامه ریزی چندهدفه»؛ انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، سال ۱۳۹۲.