سیستم‌های فازی و کاربردها
سال پنجم، شماره اول (بهار و تابستان ۱۴۰۱)
صص. ۲۳۱ تا ۲۶۷

شاپای چاپی: ۲۷۱۷-۴۴۰۹
شاپای الکترونیکی: ۲۷۱۷-۳۹۸۴
DOI:10.22034/JFSA.2022.331034.1114

توسعه چارچوب تحلیل سلسله مراتبی براي تصمیم‌گیري گروهی در محیط فازي مردد (نمونه کاوي: اولویت‌بندي بهبود فرآیندهاي کسب و کار در شرکت توزیع برق استان مرکزي)

اشرف نوروزي* و امیرمحمد گلمحمدي

گروه مهندسي صنایع، دانشکده فني و مهندسي، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

چکیده

امروزه موقعیت رقابتی سازمان‌ها بر مبناي قابلیت‌ها، مهارت‌ها و دانش نهفته در فرآیندهاي سازمانی آنها تعریف شده فرآیندهاي کسب وکار یکی از دارایی‌هاي کلیدي سازمان‌ها به شمار می‌رود. با این وجود منابع محدود در اختیار و در عین حال تفاوت فرایندها از جنبه‌هاي مختلف، بیانگر لزوم به‌کارگیري رویکردي مدون براي رتبه‌بندي پروژه‌هاي بهبود در سازمان است. این تفاوت‌ها از جنبه‌هاي مختلفی نظیر ارزش خروجی، سطح تاثیر در سازمان، پیچیدگی، زمان و سرمایه مورد نیاز براي بهبود مطرح هستند که براي اندازه‌گیري آنها اغلب نیاز به اخذ نظرات قضاوتی خبرگان است. پژوهش حاضر از تحلیل سلسله مراتبی فازي مبتنی بر ترکیبی از مجموعه‌هاي فازي مردد و مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ براي این رده‌بندي استفاده می‌کند. این رویکرد در شرکت توزیع برق استان مرکزي به کارگرفته شده است.(ادامه دارد)

عبارات و کلمات کلیدی: بهبود مستمر، تصمیم‌گیري گروهی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مجموعه‌هاي فازي مردد، مجموعه‌هاي فازي نوع-۲.

Email(s): a-noroozi@araku.ac.ir and a-golmohammadi@araku.ac.ir.

Mathematics Subject Classification: 03E72

رویکرد مورد استفاده ساختاري انعطاف‌پذی براي اخذ نظرات خبرگان و عدم‌قطعیت و ابهام نهفته در نظرات ایشان فراهم می‌کند و درعین حال فرایند تصمیم‌گیري گروهی در سازمان را بدون ساده‌سازي و کاهش سطح پیچیدگی قضاوت‌هاي کلامی فراهم می‌کند نتایج حاصل بیانگر اولویت بالاي فرایندهاي بهره‌برداري، نگهداري و توزیع شبکه، و فرآیند ایجاد و توسعه شبکه توزیع و نیز مدیریت مالی در این سازمان براي اجراي پروژه‌هاي بهبود فرایندي می‌باشد.
«این تحقیق مطابق قرارداد فرصت مطالعاتی صنعت به شماره ۱۴۰۰/۲۱۲۸۳۲/۵۰۰ مورخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۳ مورد حمایت شرکت توزیع نیروي برق استان مرکزي قرار داشته است.»

۱ سرآغاز

امروزه توانمندي بسیاري از سازمان‌ها و تعیین جایگاه رقابتی آنها در صنعت براساس نحوه مدیریت دارایی‌هاي استراتژیک تعریف می‌شود. یکی از مهمترین دارایی‌هاي استراتژیک سازمان‌ها، مهارت‌ها، قابلیت‌ها، و دانش نهفته در فرآیندهاي کسب و کار آنهاست [۴۷، ۴۶، ۱۸]. در دیدگاه فرآیندي می‌توان سازمان را ترکیبی از فرآیندهاي یکپارچه آن تصور نمود. براساس این دیدگاه، فرآیندهاي کسب و کار یکی از دارایی‌هاي کلیدي سازمان محسوب می‌شود و حفظ و توسعه توانمندي‌هاي موجود و بهبود مداوم آنها زمینه‌ساز حفظ جایگاه شرکت و عملکرد موثر آن محسوب می‌شود. فرض فرآیندهاي سازمانی به عنوان دارایی کلیدي، مستلزم آن است که مشابه هر دارایی دیگري اقدام به مدیریت، سرمایه‌گذاري و توسعه این دارایی گردد. بهبود مستمر کلید اصلی در حفظ و توسعه این دارایی فرض می‌گردد [۲۰]. بهبود مستمر نقش بنیادین و موثري در موفقیت سازمان داشته و در تحقیقات گوناگون ارتباط آن با عملکرد سازمان اثبات شده است [۲۶]. توانایی بهبود مستمر در یک سازمان، پیشگویی براي آینده پیش روي آن است و پیش شرط اصلی دستیابی به موفقیت پایدار به شمار می‌رود [۳۹]. با این وجود، محدودیت منابع در دسترس، ایجاب کننده آن است که اولویت‌بندي از فرآیندهاي سازمانی به منظور اجراي پروژه‌هاي بهبود در مورد آنها صورت گیرد. در این اولویت‌بندي مسائل متنوعی اعم از ارزش خروجی فرآیند، میزان تاثیر آن در سطح سازمان، جزئیات زمان،

پيچيدگی و سطح سرمايه مورد نياز براي اجراي بهبود و وضعيت عملكرد فعلی آن می‌بايست مورد توجه قرار گيرند. اين ارزيابی، نيازمند اخذ قضاوت‌هاي كيفی مديران رده بالاي سازمان است.

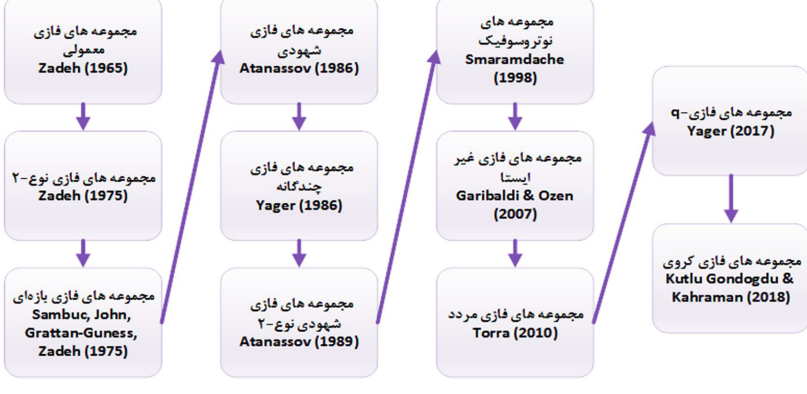
يكی از مسائلی كه اغلب سازمان‌ها در تصميم‌گيري‌هاي خود به ويژه تصميمات گروهی و مقياس بزرگ و نيز مسائل كليدي و حساس خود با آن روبرو هستند، عدم‌قطعيت و ابهام در داده‌هاست. همچنين در عمل چالش‌هاي متعددي در اخذ نظرات خبرگان و نحوه تجميع و تركيب مناسب اين نظرات وجود دارد. در بسياري از تكنيک‌هاي مرسوم در اخذ و تجميع نظرات خبرگان، ساده‌سازي‌هاي زيادي در حين اخذ نظرات به شكل عبارات كلامی و نگاشت آنها به مقياس عددي صورت می‌پذيرد كه باعث از بين رفتن بخشی از محتواي داده می‌گردد [۳۵، ۲۸، ۱۹، ۲۲، ۳۱، ۹]. تلاش‌هاي زيادي در ادبيات براي رفع اين مشكل صورت پذيرفته است كه توسعه مجموعه‌هاي فازي مردد از جمله آن می‌باشد. در اين مقاله قصد داريم تا با توسعه روشی تركيبی بر مبناي تركيبی از اعداد فازي بازه‌اي نوع-۲ و مجموعه‌هاي فازي مردد به كاربرد عملی آن در اولويت‌بندي پروژه‌هاي بهبود فرآيندهاي كسب و كار در شركت توزيع برق استان مركزي بپردازيم. اين رده‌بندي به مديران اين سازمان و نيز ساير شركت‌هاي توزيع برق كه عمدتا ساختار و فرآيندهاي يكسانی دارند، كمک می‌كند تا آگاهی و درك وسيع‌تري از اولويت‌هاي بهبود در شركت‌هاي توزيع يافته و به تدوين پروژه‌هاي بهبود در سطح سازمان بپردازند. درعين حال اين پژوهش معرفی كننده روشی مدون براي استخراج نظرات و قضاوت‌هاي مبهم خبرگان در تصميم‌گيري‌هاي گروهی سازمانی است كه می‌تواند در گستره وسيعی از مطالعات سازمانی مورد استفاده قرار گيرد.

۲ پيشينهٔ پژوهش

بهره‌گيري از بهبود فرآيند ابزاري ضروري براي بهبود و توسعه عملكرد هر سازمانی است. اصطلاح بهبود فرايند براي اولين بار توسط وومك[1] در سال ۱۹۹۱ معرفی گرديد. وي بهبود فرايند را به عنوان عامل اصلی حركت به سوي توليد ناب در جهان معرفی كرد [۴۸]. پس از آن حجم بزرگی از تحقيقات در زمينه مديريت تغيير و به كارگيري ابزارهاي

[1] Womack

بهبود مستمر در سطح سازمان انجام شده است [۸، ۶، ۴۲]. بهبود مستمر فرآیندها به ویژه فرایندهاي کلیدي سازمان پاسخی موثر به موضوع مشتري‌مداري، حفظ قابلیت‌هاي رشد و چابکی سازمان، ورود فناوري جدید و انطباق‌پذیري با تغییرات رخ داده به تبع آن است. اولین گام در اجراي پروژه‌هاي بهبود در سازمان، تعیین حوزه‌هاي داراي اولویت به منظور اجراي پروژه‌هاي بهبود فرآیند کسب و کار است. فرآیندهاي کسب و کار به دلایل متعددي نظیرسطح تاثیر در سازمان، میزان ارزش خروجی‌هاي فرآیند، زمان و هزینه مورد نیاز براي اجراي بهبود، تعداد دفعات و زمان چرخه اجراي فرآیند با یکدیگر متفاوتند و از این رو تعیین اولویت‌هاي بهبود، نیازمند تحلیل دقیق فرآیندهاي سازمانی از جنبه‌هاي گوناگون است [۳۸]. این تحلیل‌ها اغلب نیازمند اخذ نظرات مدیران ارشد و باسابقه سازمان که داراي اشراف بر روي جنبه‌هاي مختلف فرآیندهاي کسب و کار باشند، است. با این وجود اخذ دقیق این نظرات و پیچیدگی‌ها و ابهام نهفته در قضاوت‌ها، امري چالشی است. به منظور افزایش دقت و انعطاف‌پذیري مدل‌هاي تصمیم و حفظ سطح پیچیدگی قضاوت‌هاي کلامی خبرگان، تلاشهاي متعددي در ادبیات صورت پذیرفته است که از جمله آنها می‌توان به کاربرد نظریه فازي، اعداد خاکستري، مجموعه‌هاي فازي شهودي و مجموعه‌هاي فازي مبهم اشاره کرد. شکل زیر روند توسعه مجموعه‌هاي فازي در مدل‌هاي تصمیم‌گیري به منظور حفظ پیچیدگی‌هاي کلامی نظرات خبرگان را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: *مراحل توسعه سیستم‌هاي فازي [۲۷]*

در این بین، مجموعه‌هاي فازي مبهم به طور گسترده‌اي براي بیان قضاوت‌هاي مبهم و مردد خبرگان و در عین حال تجمیع قضاوت‌هاي خبرگان در تصمیم‌گیري‌هاي گروهی به

كار رفته‌اند. [۱۹، ۲۲، ۳۱، ۹، ۳۴] در اين مجموعه‌ها، می‌توان مقادير عضويت متعددي را به يک عضو از يک مجموعه ثابت تخصيص داد. بدين ترتيب می‌توان طيفی از نظرات مبهم فرد خبره يا گروهی از خبرگان را در قالب يک مجموعه فازي مردد دريافت نموده و بدون ساده‌سازي و كاهش داده، آن را در يک روش تصميم‌گيري گروهی مورد ارزيابی قرار داد. رودريگز[۲] و همكاران (۲۰۱۴) ساختاري براي ارائه عبارات لغوي انعطاف‌پذير در مدل‌هاي تصميم و نگاشت اين قضاوت‌هاي مردد و گروهی به مجموعه‌هاي فازي مردد را فراهم كرده‌اند [۴۰]. اين ساختار به طور گسترده‌اي در ادبيات موضوع به كار رفته است [۱۵، ۴، ۳۳، ۵۱].

روش تحليل سلسله مراتبی پركاربردترين روش تجزيه و تحليل چندمعياره است كه توسط ساعتی معرفی شده است [۴۱]. اين روش، ابزاري بسيار قوي و ساده بوده و به شكل گسترده‌اي براي محاسبه اوزان معيارهاي كيفی و كمی بر اساس قضاوت‌هاي تصميم‌گيرندگان مورد استفاده قرار گرفته است [۳۲]. كاربرد تركيبی AHP و مجموعه‌هاي مردد در سال‌هاي اخير در ادبيات رو به رشد بوده است. به عنوان مثال بويوك‌ازكان[۳] و همكاران از اين روش براي انتخاب منابع انرژي تجديدپذير استفاده كرده‌اند [۱۰]. می[۴] و همكاران از AHP مردد به همراه ارزيابی سازگاري در مديريت فروش ماشين‌هاي دست دوم استفاده كرده‌اند [۳۱].

بويوك‌ازكان و گولر[۵] با استفاده از اين روش به ارزيابی سطح بلوغ ديجيتال شركت‌ها پرداخته‌اند [۹]. اهتا[۶] و همكاران نيز در كاربرد تصميم‌گيري تعميرات صنعتی، روش‌هاي AHP كلاسيک، فازي مردد و شهودي را به كار برده و نتايج حاصل را مقايسه كرده‌اند [۳۶]. همچنين توسعه تحليل سلسله مراتبی فازي مردد در كاربردهاي متنوع به طور گسترده‌اي در ادبيات به چشم می‌خورد [۳، ۷، ۱۲، ۳۷، ۴۳، ۱۱]. در عين حال موارد متعددي از توسعه روش تحليل سلسله مراتبی با مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ در ادبيات مشاهده می‌شود. [۲۳، ۱۴، ۲۴، ۲۵، ۴۴، ۴۹، ۱۶، ۱۳]. ولی به كارگيري تركيبی از مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ و مجموعه‌هاي فازي مردد در توسعه روش‌هاي

[2] Rodríguez
[3] Büyük¨ozkan
[4] Mi
[5] Büyük¨ozkan and Güler
[6] Ohta

تحليل چندمعياره به ندرت در ادبيات مشاهده می‌شود [۲۱]. هو[7] و همكاران اولين تحقيق در اين زمينه است كه با تركيب مجموعه‌هاي مردد و نوع-۲ و نامگذاري آن به عنوان مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ بازهاي مردد[8]، آن را در توسعه روش‌هاي چندمعياره به كارگرفته است [۲۱]. اين مقاله با بهره‌گيري از ايده معرفی شده توسط هو و همكاران اقدام به توسعه روش تحليل سلسله مراتبی با اين تركيب نموده است. همچنين در اين تحقيق با بهره‌گيري از ساختار معرفی شده توسط رودريگز و همكاران (۲۰۱۴) قضاوت‌هاي گروهی از خبرگان در قالب ساختاري مردد از ايشان اخذ شده و سپس با تجميع اين نظرات در قالب مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ بازه‌اي، از رويكرد پيشنهادي براي مدل‌سازي و حل مساله اولويت‌بندي گروه‌هاي فرآيندي در سازمان استفاده شده است [۴۰]. به بيان ديگر نوآوري اصلی اين تحقيق در تركيب مجموعه‌هاي فازي نوع-۲، مجموعه‌هاي مبهم و ساختار لغوي مبهم توسعه يافته توسط رودريگز و همكاران (۲۰۱۴) در توسعه روش تحليل سلسله مراتبی و به كارگيري آن در حل يک مساله واقعی تصميم‌گيري سازمانی است. هر يک از اين تكنيک‌ها در توسعه روش‌هاي تحليل چندمعياره به طور مجزا به كارگرفته شده‌اند، ولی به كارگيري توامان آنها در توسعه يک مدل تصميم‌گيري در ادبيات كمتر مشاهده می‌شود. روش پيشنهادي، رويكردي انعطاف‌پذير است كه می‌تواند در اخذ نظرات فازي، مبهم و متعدد از سوي خبرگان مختلف مورد استفاده قرار گيرد. اين رويكرد به ويژه در تصميم‌گيري‌هاي گروهی درباره مسائل كليدي و حساس سازمان كه ممكن است ابهام و عدم‌قطعيت زيادي در داده‌ها و قضاوت‌ها وجود داشته باشد، مفيد است. به ويژه آن كه اين رويكرد با عدم‌ساده‌سازي و كاهش پيچيدگی‌هاي كلامی خبرگان همراه است.

در اين تحقيق سلسه مراتب معيارهاي تصميم در تعيين اولويت پروژه‌هاي بهبود فرآيندي، برگرفته از پيج[9] (۲۰۱۵) است [۳۸]. همچنين به منظور تعيين گزينه‌هاي تصميم در اين مساله از چارچوب طبقه‌بندي فرآيندي مركز بهره‌وري و مديريت كيفيت آمريكا[10] (APQC) در مورد صنعت برق استفاده شده است [۵]. سازمان بهره‌وري و كيفيت آمريكا، سازمانی تحقيقاتی است كه يكی از محصولات آن چارچوب طبقه‌بندي فرآيندهاست. اين چارچوب كامل‌ترين مدل طبقه‌بندي فرآيندي محسوب شده و به عنوان

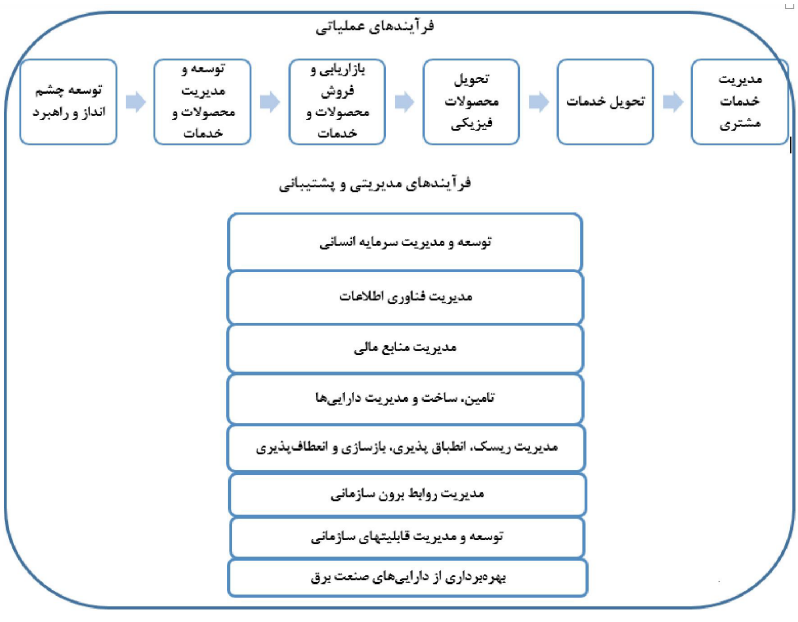
[7] Hu

[8] interval type-2 hesitant fuzzy sets (IT2HFSs)

[9] Page

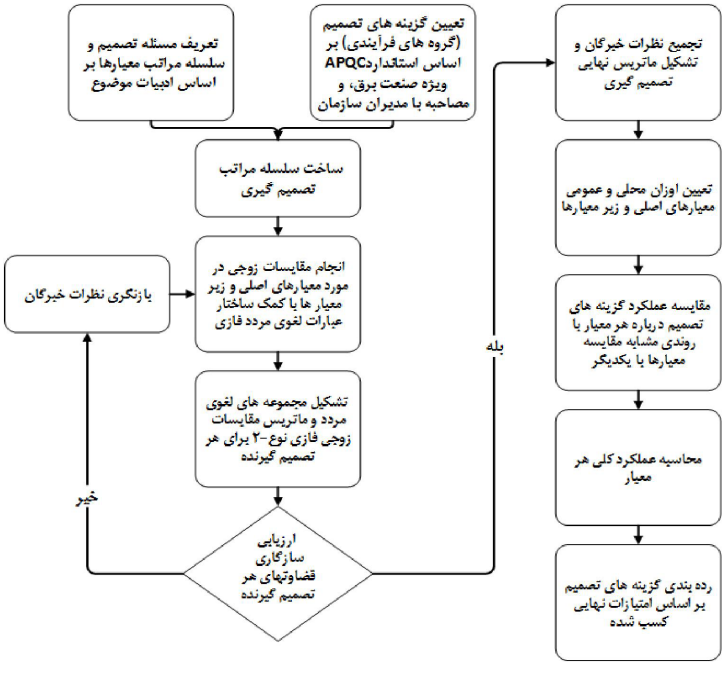
[10] American Productivity & Quality Center (APQC)

استانداردي مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد. آخرین نسخه منتشر شده از این چارچوب مرجع در مورد صنعت برق، مربوط به نسخه ۲۰۱۷ یعنی نسخه ۱،۲،۷ است. شکل زیر این طبقه‌بندي را نمایش می‌دهد.



شکل ۲: *چارچوب طبقه‌بندي فرآیندي APQC ویژه صنعت برق [۴۱]*

در این پژوهش با تطبیق فرآیندهاي فعلی شرکت توزیع برق مرکزي با مدل مرجع APQC نمایش داده شده در شکل ۲ و نیز مرور مدارك و اسناد فرآیندهاي موجود و مصاحبه با مدیران بخش‌هاي مختلف شرکت، ۱۳ گروه اصلی فرآیندي به شرح ذیل در این سازمان شناسایی گردیده است: رهبري و مدیریت استراتژیک، ایجاد، بهینه‌سازي و توسعه شبکه توزیع، بهره برداري و نت شبکه توزیع، خرید انرژي، تحلیل مشتري، فروش و خدمات پس از فروش انرژي، توسعه و مدیریت سرمایه انسانی، مدیریت فناوري اطلاعات، مدیریت منابع مالی، مدیریت دارایی‌هاي فیزیکی، مدیریت ریسک و انطباق‌پذیري، مدیریت ارتباط با ذینفعان، تحقیقات و مدیریت دانش، و مدیریت زنجیره تامین. در ادامه و طی شکل ۳ مراحل اجراي این تحقیق معرفی شده است.



شکل ۳: *مراحل تحقیق پیشنهادي*

۳ روش‌شناسی پژوهش

در این بخش در ابتدا تعاریفی در خصوص مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ و مجموعه‌هاي فازي مردد ارائه می‌شود و در ادامه توسعه روش تحلیل سلسله مراتبی فازي بر مبناي این مجموعه‌ها و نحوه به‌کارگیري آن در حل یک مساله تصمیم‌گیري گروهی مردد در سازمان تشریح می‌گردد:

۱.۳ مفاهیم پایه

مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ توسط زاده[11] (۱۹۷۵) معرفی شدند [۵۰]. از آن زمان تاکنون بخش عمدهاي از توسعه این مجموعه‌ها توسط مندل[12] (۲۰۰۶) انجام گرفته است [۲۹]. یک مجموعه فازي نوع- ۲[13] (T2FS) داراي درجه‌هایی از عضویت است که هر

[11] Zadeh
[12] Mendel
[13] type-2 fuzzy set (T2FS)

یک خود مجموعه‌اي فازي هستند. این درجه‌ها توسط تابع عضویت اولیه[۱۴] (PMF) بیان می‌شوند. عدم‌قطعیت مرتبط با هر یک از توابع عضویت اولیه توسط تابع عضویت ثانویه[۱۵] (SMF) بیان می‌شود. بدین ترتیب مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ داراي انعطاف و درجه آزادي بیشتري براي بیان فازي داده‌هاي دنیاي واقعی هستند.

تعریف ۱.۳. در فضاي X مجموعه $\tilde{\tilde{A}}$ به عنوان یک مجموعه فازي نوع-۲ به شرح زیر تعریف می‌شود [۳۰]:

$$\tilde{\tilde{A}} = \int_{x\in X}\int_{u\in J_X} \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u)/(x,u) \qquad (۱)$$

که در آن X دامنه $\tilde{\tilde{A}}$ بوده و $\int\int$ بیانگر اجتماع کلیه مقادیر x و u در محدوده فضاي شدنی و $\mu_{\tilde{\tilde{A}}} \subseteq [۰,۱]$ و $J_X \subseteq [۰,۱]$ به ترتیب بیانگر توابع عضویت ثانویه و اولیه است.

تعریف ۲.۳. $\tilde{\tilde{A}}$ را به عنوان یک مجموعه فازی نوع-۲ در نظر بگیرید. زمانی که $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u) = ۱$ (کلیه توابع عضویت ثانویه برابر ۱ باشند)، $\tilde{\tilde{A}}$ یک مجموعه فازي نوع-۲ بازه‌اي[۱۶] (IT2FS) نامیده می‌شود. یک IT2FS می‌تواند به عنوان حالت خاصی از مجموعه‌هاي فازي نوع-۲ در نظر گرفته شود که به شکل زیر قابل تعریف است:

$$\tilde{\tilde{A}} = \int_{x\in X}\int_{u\in J_X} ۱/(x,u) \qquad (۲)$$

که در آن $J_X \subseteq [۰,۱]$.

تعریف ۳.۳. یک مجموعه IT2FS، $(\tilde{\tilde{A}})$، می‌تواند به طورکامل توسط مجموعه‌اي به نام جاي پاي عدم‌قطعیت[۱۷] (FOU) تعریف شود، که در واقع اجتماعی از تمامی توابع عضویت اولیه است و توسط رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\mathrm{FOU}(\tilde{\tilde{A}}) = \bigcup_{\forall x\in X} J_X = \{(x,u)|u \in J_X \subseteq [۰,۱]\} \qquad (۳)$$

[14] primary membership function (PMF)
[15] secondary membership function
[16] Interval type-2 fuzzy set (IT2FS)
[17] footprint of uncertainty (FOU)

مرز پایین این مجموعه توسط تابع عضویت پایین[18] (LMF) و مرز بالاي آن توسط تابع عضویت بالا[19] (UMF) تعریف می‌شود که هر دو مجموعه‌هاي فازي نوع-۱ هستند.

برای یک مجموعه IT2FS، $(\tilde{\tilde{A}})$، فرض کنید $\overline{\mu}_{\tilde{\tilde{A}}}(x)$ و $\underline{\mu}_{\tilde{\tilde{A}}}(x)$ به ترتیب توابع UMF و LMF باشد. به ازاي هر $x \in X$، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \overline{\mu}_{\tilde{\tilde{A}}}(x) &= \sup(\mathbf{FOU}(\tilde{\tilde{A}})) = \overline{\mathbf{FOU}(\tilde{\tilde{A}})} \\ \underline{\mu}_{\tilde{\tilde{A}}}(x) &= \inf(\mathbf{FOU}(\tilde{\tilde{A}})) = \underline{\mathbf{FOU}(\tilde{\tilde{A}})} \end{aligned} \tag{۴}$$

بنابراین مجموعه فوق می‌تواند به صورت زیر نمایش داده شود:

$$\mathbf{FOU}(\tilde{\tilde{A}}) = \bigcup_{\forall x \in X} \left[\underline{\mu}_{\tilde{\tilde{A}}}(x), \overline{\mu}_{\tilde{\tilde{A}}}(x)\right]. \tag{۵}$$

تعریف ۴.۳. یک مجموعه IT2FS یک مجموعه فازي نوع-۲ بازه‌اي ذوزنقه‌اي[20] نامیده می‌شود، اگر و تنها اگر UMF و LMF آن هر دو مجموعه‌های فازی ذوزنقه‌ای باشند. یک مجموعه IT2FS، $(\tilde{\tilde{A}})$، می‌تواند به صورت زیر تعریف شود:

$$\tilde{\tilde{A}} = \left[\tilde{A}^L, \tilde{A}^U\right] = \left[(a_1^L, a_2^L, a_3^L, a_4^L; H_1^L, H_2^L)\ (a_1^U, a_2^U, a_3^U, a_4^U; H_1^U, H_2^U)\right] \tag{۶}$$

که در آن $\tilde{A}^L$ و $\tilde{A}^U$ به ترتیب LMF و UMF مجموعه $\tilde{\tilde{A}}$ هستند که در آن $\tilde{A}^L \subset \tilde{A}^U$ و $a_1^L, a_2^L, a_3^L, a_4^L$ و $a_1^U, a_2^U, a_3^U, a_4^U$ بیانگر نقاط نمایش دهنده این دو عدد فازي ذوزنقه‌اي هستند که در آن می‌بایست $a_1^L \le a_2^L \le a_3^L \le a_4^L$، $a_1^U \le a_2^U \le a_3^U \le a_4^U$، $a_1^L \le a_1^U$ و $a_4^L \le a_4^U$ باشند. H_1^L و H_2^L به ترتیب بیانگر ارتفاع LMF و H_1^U و H_2^U به ترتیب بیانگر ارتفاع UMF هستند. $H_1^L \in [0, 1]$، $H_2^L \in [0/1]$، $H_1^U \in [0, 1]$، $H_2^U \in [0/1]$، $0 \le H_2^L \le H_2^U \le 1$ و $0 \le H_1^L \le H_1^U \le 1$.

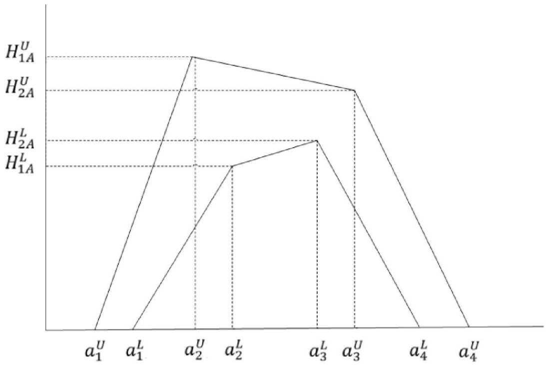
شکل ۴ نمایی از یک عدد فازي نوع-۲ بازه‌اي ذوزنقه‌اي را نمایش می‌دهد. براي

[18] lower membership function (LMF)

[19] upper membership function (UMF)

[20] trapezoidal interval type-2 fuzzy set (TraIT2FS)

مشاهده نحوه اجراي عمليات پايه رياضی بر روي مجموعه‌هاي فازي مردد که در محاسبات اين تحقيق نيز به کار گرفته شده است، به منبع [۲۲] مراجعه نماييد.



شکل ۴: *نمايی از يک عدد فازي نوع-۲ بازه‌اي ذوزنقه‌اي*

۲.۳ مجموعه‌هاي فازي مردد

در ادامه برخی تعاريف در خصوص مجموعه‌هاي فازي مردد بيان شده است [۴۵]:

تعريف ۵.۳. X را به عنوان يک مجموعه ثابت در نظر بگيريد. يک مجموعه فازي مردد تابعی است که زمانی که بر X اعمال گردد، مجموعه مقاديري را در بازه $[0,1]$ برمی‌گرداند. اين تابع به صورت زير قابل تعريف است:

$$E = \{\langle x, H_E(x)\rangle | x \in X\} \qquad (۷)$$

که در آن H_E بيانگر مقادير مختلف ممکن عضويت عنصر X بر مجموعه E است.

تعريف ۶.۳. براي يک مجموعه HFE کران پايين و بالا می‌تواند به صورت زير تعريف گردد:

$$\begin{aligned} h^-(x) &= \min h(x) \\ h^+(x) &= \max h(x). \end{aligned} \qquad (۸)$$

تعریف ۷.۳. h، h_1 و h_2 را به عنوان سه مجموعه HFE در نظر بگیرید. برخی عملیات‌هاي پایه ریاضی بر روي این مجموعه‌ها به صورت زیر قابل تعریف است:

$$
\begin{aligned}
&h^{\lambda} = \cup_{\gamma \in h}\{\gamma^{\lambda}\};\\
&\lambda h = \cup_{\gamma \in h}\{1-(1-\gamma)^{\lambda}\};\\
&h_1 \cup h_2 = \cup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \max\{\gamma_1, \gamma_2\};\\
&h_1 \cap h_2 = \cup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \min\{\gamma_1, \gamma_2\};
\end{aligned}
\tag{۹}
$$

$$
\begin{aligned}
&h_1 \oplus h_2 = \cup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2}\{\gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_1\gamma_2\};\\
&h_1 \otimes h_2 = \cup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2}\{\gamma_1\gamma_2\};
\end{aligned}
$$

۳.۳ مجموعه‌هاي لغوي فازي مردد

بر اساس ایده مجموعه‌هاي فازي مردد، رودریگز و همکاران (۲۰۱۴) مجموعه‌هاي لغوي فازي مردد[۲۱] (HFLTS) را توسعه داده‌اند [۴۰]. این ابزار توسعه‌اي بر رویکردهاي محاسباتی در مجموعه‌هاي لغوي به شمار می‌رود و ساختاري براي ارائه عبارات لغوي انعطافپذیر در مدل‌هاي تصمیم‌گیري فراهم می‌کند.

تعریف ۸.۳. مجموعه $S = \{s_0, \ldots, s_\tau\}$ را به عنوان یک مجموعه لغوي در نظر بگیرید. یک (HFLTS) که با نماد h_S نمایش داده می‌شود، زیر مجموعه‌اي متناهی و منظم از عبارات کلامی مجموعه S است.

به منظور انطباق بیشتر با قضاوت‌هاي مردد انسانی، رابطه بیان شده در تعریف ۹.۳ به عنوان ساختاري براي توصیف ترجیحات کلامی تصمیم‌گیرندگان پیشنهاد می‌گردد [۴۰].

تعریف ۹.۳. S را به عنوان یک عبارت لغوي و G_H را به عنوان یک ساختار چهار بخشی (V_N, V_T, I, P) متشکل از اجزاي زیر در نظر بگیرید:

[21] Hesitant fuzzy linguistic term set (HFLTS)

$V_N = \{\langle\text{primary term}\rangle, \langle\text{composite term}\rangle, \langle\text{unary relation}\rangle, \langle\text{binary relation}\rangle,$
$\langle\text{conjunction}\rangle\}$;
$V_T = \{\text{lower than, greater than, at least, at most, between, and } s_0, s_1, \ldots, s_\tau\}$;
$I \in V_N$;
$P = \{I ::$
$= \langle\text{primary term}\rangle|\langle\text{composite term}\rangle\langle\text{composite term}\rangle ::$
$= \langle\text{unary relation}\rangle\langle\text{primary term}\rangle|\langle\text{binary relation}\rangle\langle\text{conjunction}\rangle\langle\text{primary term}\rangle$
$\langle\text{primary term}\rangle ::= s_0|s_1|\ldots|s_\tau$
$\langle\text{unary relation}\rangle ::= \text{lower than|greater than}$
$\langle\text{binary relation}\rangle ::= \text{between}$
$\langle\text{conjunction}\rangle ::= \text{and}\}$

که در آن $\langle\rangle$ حاوي عناصر اختياري است و | عناصر جايگزين را نشان مي‌دهد. عبارت $ll \in S_{ll}$ ايجاد شده توسط G_H مي‌تواند يک عبارت واحد به شکل $s_t \in S$ و يا يک عبارت لغوي باشد. تابع تبديل E_{G_H} عبارت لغوي توليد شده توسط G_H را به يک HFLTS تبديل مي‌کند.

$$E_{G_H} : S_{ll} \longrightarrow H_s$$

اين امر مي‌تواند توسط قواعد زير بيان شود:

- $E_{G_H}(s_t) = \{s_t | s_t \in S\}$;
- $E_{G_H}(\text{at most } s_m) = \{s_t | s_t \in S \text{ and } s_t \leq s_m\}$;
- $E_{G_H}(\text{lower than } s_m) = \{s_t | s_t \in S \text{ and } s_t < s_m\}$;
- $E_{G_H}(\text{at least } s_m) = \{s_t | s_t \in S \text{ and } s_t \geq s_m\}$;
- $E_{G_H}(\text{greater than } s_m) = \{s_t | s_t \in S \text{ and } s_t > s_m\}$;
- $E_{G_H}(\text{between } s_m \text{ and } s_n) = \{s_t | s_t \in S \text{ and } s_m \leq s_t \leq s_n\}$.

بنابراين HFLTSهاي مختلف مي‌توانند تعداد اعضاي متفاوتي داشته باشند.

۴.۳ روش AHP فازي مردد

گام ۱. مقایسه دودویی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها با استفاده از عبارات لغوي فازي مردد

مقایسات زوجی بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها با یکدیگر، توسط تصمیم‌گیرندگان انجام می‌گردد. این کار با استفاده از متغیرهاي کلامی بیان شده در جدول ۱ و ساختار بیان شده در تعریف ۹.۳ به شکل عبارات لغوي مردد صورت می‌پذیرد.

جدول ۱: *مقیاس فازي نوع-۲ بازه‌اي و متغیرهاي کلامی متناظر آن*

برچسب	متغیرهاي کلامی	مقیاس فازي نوع-۲ بازه‌اي ذوزنقه‌اي
s_0	ترجیح یکسان	$(1,1,1,1;1,1)(1,1,1,1;1,1)$
s_1	ترجیح کمی بیشتر	$(1,2,4,5;1,1)(1/2,2/2,3/8,4/8;0/8,0/8)$
s_2	ترجیح نسبتا بیشتر	$(3,4,6,7;1,1)(3/2,4/2,5/8,6/8;0/8,0/8)$
s_3	ترجیح قویتر	$(5,6,8,9;1,1)(5/2,6/2,7/8,8/8;0/8,0/8)$
s_4	ترجیح به شدت بیشتر	$(7,8,9,9;1,1)(7/2,8/2,8/8,9;0/8,0/8)$

گام ۲. تشکیل مجموعه‌هاي لغوي فازي مردد

مقایسات زوجی بیان شده توسط خبرگان در قالب عبارات لغوي مردد توسط عملگر G_H (بیان شده در تعریف ۹.۳) به مجموعه‌هاي لغوي فازي مردد (HFLTS) نگاشت می‌شود.

گام ۳. تشکیل ماتریس مقایسات زوجی فازي نوع-۲ براي هر تصمیم‌گیرنده

هر یک از مجموعه مقایسات زوجی به شکل مجموعه‌هاي HFLTS که در گام دوم تولید شده‌اند، ممکن است شامل یک یا چندین عضو باشند. بدین ترتیب این مجموعه‌ها با توجه به جدول ۲ و با اعضایی به شکل اعداد فازي نوع-۲ بازه‌اي به ازاي هر تصمیم‌گیرنده تشکیل می‌شوند. چنانچه نظرات هر تصمیم‌گیرنده در خصوص هر مقایسه شامل چندین عضو باشد، متوسط نظرات وي توسط عملگر میانگین وزنی مردد نوع- ۲ فازي (بیان

۲۴۵ ـــ
=∪$_{\tilde{\tilde{A}}_{i1}\in\tilde{\tilde{h}}_{i1},\tilde{\tilde{A}}_{i2}\in\tilde{\tilde{h}}_{i2},\ldots,\tilde{\tilde{A}}_{in}\in\tilde{\tilde{h}}_{in}}$

$$\left\{\begin{pmatrix}\left(l^{-1}\left(\sum_{j=1}^{n}w_j l\left(a_{ij1}^{U}\right)\right)\right),\left(l^{-1}\left(\sum_{j=1}^{n}w_j l\left(a_{ij2}^{U}\right)\right)\right),\\ \left(l^{-1}\left(\sum_{j=1}^{n}w_j l\left(a_{ij3}^{U}\right)\right)\right),\left(l^{-1}\left(\sum_{j=1}^{n}w_j l\left(a_{ij4}^{U}\right)\right)\right);\\ \min_j\left(H_1\left(\tilde{\tilde{h}}_{ij}^{U}\right)\right),\min_j\left(H_2\left(\tilde{\tilde{h}}_{ij}^{U}\right)\right),\end{pmatrix}\right\}$$

$$\left\{\begin{pmatrix}\left(l^{-1}\left(\sum_{j=1}^{n}w_j l\left(a_{ij1}^{L}\right)\right)\right),\left(l^{-1}\left(\sum_{j=1}^{n}w_j l\left(a_{ij2}^{L}\right)\right)\right),\\ \left(l^{-1}\left(\sum_{j=1}^{n}w_j l\left(a_{ij3}^{L}\right)\right)\right),\left(l^{-1}\left(\sum_{j=1}^{n}w_j l\left(a_{ij4}^{L}\right)\right)\right);\\ \min_j\left(H_1\left(\tilde{\tilde{h}}_{ij}^{L}\right)\right),\min_j\left(H_2\left(\tilde{\tilde{h}}_{ij}^{L}\right)\right),\end{pmatrix}\right\}$$

$$\tilde{\tilde{h}}_i = \text{IT2HFWA}\left(\tilde{\tilde{h}}_{i1},\tilde{\tilde{h}}_{i2},\ldots,\tilde{\tilde{h}}_{in}\right)=\sum_{j=1}w_j\tilde{\tilde{h}}_{ij}\,(i=1,2,\ldots,m), \tag{10}$$

بدین ترتیب ماتریس مقایسات زوجی به شکل زیر ساخته می‌شود که در آن هر درایه به شکل یک عدد فازي نوع-۲ بازه‌اي است:

$$D=\begin{bmatrix}1&\tilde{\tilde{A}}_{12}&\ldots&\tilde{\tilde{A}}_{1n}\\ \tilde{\tilde{A}}_{21}&1&\ldots&\tilde{\tilde{A}}_{2n}\\ \vdots&\vdots&\ddots&\vdots\\ \tilde{\tilde{A}}_{n1}&\tilde{\tilde{A}}_{n2}&\ldots&1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1&\tilde{\tilde{A}}_{12}&\ldots&\tilde{\tilde{A}}_{1n}\\ \tilde{\tilde{A}}_{12}^{-1}&1&\ldots&\tilde{\tilde{A}}_{2n}\\ \vdots&\vdots&\ddots&\vdots\\ \tilde{\tilde{A}}_{1n}^{-1}&\tilde{\tilde{A}}_{2n}^{-1}&\ldots&1\end{bmatrix}$$

مقادیر معکوس یک عدد فازي نوع-۲ بازه‌اي از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{\tilde{A}}^{-1}=\begin{bmatrix}\left(1/a_4^L,1/a_3^L,1/a_2^L,1/a_1^L;H_{1A}^L,H_{2A}^L\right),\\ \left(1/a_4^U,1/a_3^U,1/a_2^U,1/a_1^U;H_{1A}^U,H_{2A}^U\right),\end{bmatrix}$$

گام ۴. ارزیابی سازگاري قضاوت‌هاي هر تصمیم‌گیرنده

سازگاري ماتریس مقایسات زوجی به ازاي نظرات هر تصمیم‌گیرنده تخمین زده می‌شود. براي این منظور، در ابتدا این ماتریس‌ها دیفازي می‌شوند . براي دیفازي کردن از رابطه (۱۱) استفاده می‌گردد [۲۳].

$$\begin{aligned}&\text{score}(\tilde{\tilde{A}}) = \\ &\frac{\left[\frac{(a_۴^U - a_۱^U)+(H_{۲A}^U.a_۳^U - a_۱^U)+(H_{۱A}^U.a_۳^U - a_۱^U)}{۴}\right] + a_۱^U}{۲} \\ &+\frac{\left[\frac{(a_۴^L - a_۱^L)+(H_{۲A}^L.a_۳^L - a_۱^L)+(H_{۱A}^L.a_۳^L - a_۱^L)}{۴}\right] + a_۱^L}{۲}\end{aligned} \tag{۱۱}$$

سپس نرخ سازگاري با استفاده از روابط (۱۲) و (۱۳) محاسبه می‌گردد:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - ۱} \tag{۱۲}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{۱۳}$$

که در آن CI بیانگر شاخص سازگاري است و $\lambda_{\max}$ بزرگترین بردار ویژه ماتریس است. n تعداد معیارها و RI شاخص تصادفی است. چنانچه ماتریس‌هاي مقایسات زوجی سازگار نباشد، تصمیم‌گیرندگان می‌بایست در قضاوت‌هاي خود تجدید نظر کنند.

گام ۵. تجمیع نظرات خبرگان

در این گام میانگین هندسی نظرات تصمیم‌گیرندگان محاسبه شده و ماتریس نهایی تصمیم‌گیري که شامل اعضایی به شکل اعداد فازي نوع-۲ بازه‌اي است، تشکیل می‌گردد. به عنوان مثال براي مساله‌ای با چهار تصمیم‌گیرنده که در آن $\tilde{\tilde{A}}_{ijk}$ اولویت معیار i نسبت

j از نظر تصميم‌گيرنده k است، ميانگين هندسی نظرات به شكل زير قابل محاسبه است:

$$\tilde{\tilde{r}}_{ij} = \left[\tilde{\tilde{A}}_{ij1} \otimes \tilde{\tilde{A}}_{ij2} \otimes \tilde{\tilde{A}}_{ij3} \otimes \tilde{\tilde{A}}_{ij4}\right]^{\frac{1}{4}} \quad (۱۴)$$

گام ۶. محاسبه اوزان معيارهاي تصميم

براي هر سطر از ماتريس نهايی تصميم‌گيري، ميانگين هندسی فازي با استفاده از رابطه (۱۵) محاسبه می‌گردد:

$$\tilde{\tilde{r}}_i = \left(\tilde{\tilde{r}}_{i1} \otimes \tilde{\tilde{r}}_{i2} \otimes \cdots \otimes \tilde{\tilde{r}}_{in}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (۱۵)$$

در ادامه وزن فازی هر معيار $\left(\widetilde{\widetilde{W}}_i^{CR}\right)$ با استفاده از رابطه زير محاسبه می گردد:

$$\widetilde{\widetilde{W}}_i^{CR} = \tilde{\tilde{r}}_i \left(\tilde{\tilde{r}}_1 \otimes \tilde{\tilde{r}}_2 \otimes \cdots \otimes \tilde{\tilde{r}}_n\right)^{-1} \quad (۱۶)$$

اين اوزان پس از نرمال‌سازي، اوزان معيارها را تشكيل می‌دهد. مشابه محاسبات گام‌هاي ۱ تا ۶ براي زيرمعيارهاي هر معيار اصلی در سطوح مختلف صورت پذيرفته و اوزان محلی زيرمعيارها را در هر سطح تشكيل می‌دهد. براي محاسبه اوزان عمومی زيرمعيارها، كافی است ضرب فازي اوزان محلی در اوزان معيارهاي سطوح بالاتر در سلسله مراتب معيارها محاسبه گردد.

گام ۷. ارزيابی عملكرد گزينه‌هاي تصميم‌گيري

مشابه محاسبات انجام شده در گام‌هاي ۱ تا ۶ براي مقايسه عملكرد گزينه‌ها با يكديگر با توجه به هر معيار انجام می‌شود و امتياز عملكرد گزينه iام در مورد هر معيار حاصل می‌شود. در نهايت عملكرد نهايی هر گزينه $\left(\tilde{\tilde{U}}_i\right)$ به شكل مجموع امتياز عملكرد آن گزينه در مورد هر زيرمعيار $\left(\tilde{\tilde{U}}_{ij}\right)$ ضرب در وزن عمومی آن زيرمعيار $\left(\widetilde{\widetilde{W}}_j\right)$ به شكل زير

حاصل می‌شود:

$$\tilde{\tilde{U}}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{\tilde{\tilde{W}}}_j \otimes \tilde{\tilde{U}}_{ij} \qquad (۱۷)$$

براي دیفازي کردن امتیازات نهایی عملکرد گزینه‌هاي تصمیم و رده‌بندي آنها از رابطه (۱۱) استفاده می‌شود.

۴ معیارهاي تعیین اولویت فرآیندهاي کسب و کار براي اجراي بهبود

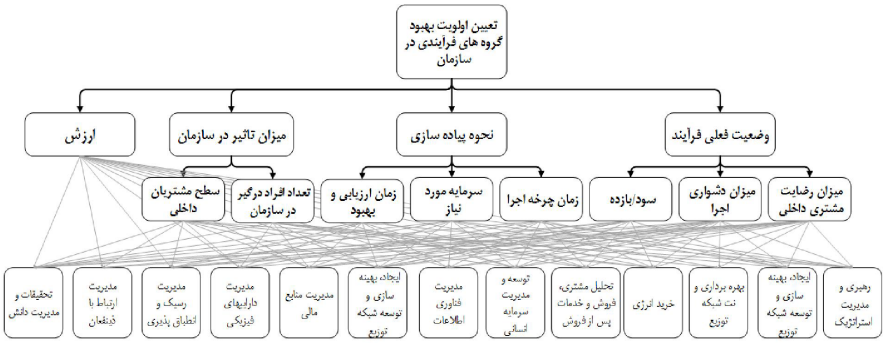
همان‌گونه که پیشتر بیان شد، سلسه مراتب معیارهاي تصمیم در این تحقیق به منظور تعیین اولویت پروژههاي بهبود فرآیندي، برگرفته از پیج[۲۲] (۲۰۱۵) است [۳۸]. در این مدل، اولویت فرآیندهاي کسب و کار شرکت براي اجراي پروژه‌هاي بهبود از طریق سه معیار اصلی میزان تاثیرگذاري در سازمان، نحوه پیاده‌سازي و وضعیت عملکرد فعلی فرآیند مورد تحلیل قرار گرفته است. معیار نخست یعنی میزان تأثیر فرآیند در سازمان از طریق دو معیار فرعی تعداد افراد درگیر در فرآیند و سطح مشتریان داخلی سنجیده می‌شود که مورد اول به تعداد کاربران این فرآیند در سازمان اختصاص داشته و دومی سطح سازمانی این مشتریان را بیان می‌سازد (بیان شده در سطوح مدیران ارشد، مدیران میانی و عملیاتی و سایر رده‌هاي سازمانی). معیار دوم یعنی پیاده‌سازي به نحوه پیاده‌سازي و پیچیدگی اجراي فرآیند در سطح سازمان اشاره دارد و از طریق سه زیرمعیار زمان چرخه اجرا، سرمایه مورد نیاز و زمان ارزیابی و بهبود سنجیده می‌شود. زیرمعیار زمان چرخه اجرا به زمان اجراي فرآیند کسب و کار اختصاص دارد و بدیهی است که هرچه این زمان کوتاه‌تر باشد، تاثیرات بهبود فرآیند به دلیل تعداد دفعات اجراي بالا آن در سازمان مشهودتر خواهد بود. زیرمعیار زمان ارزیابی و بهبود نیز به زمان مورد نیاز تیم تحلیل براي تجزیه و تحلیل فرآیند اشاره دارد. به دلایل متعددي ممکن است زمان زیادي براي تخمین و بهبود یک فرآیند مورد نیاز باشد. این دلایل می‌تواند ناشی از پیچیدگی تغییرات

[22] Page

انتظاري، ويژه بودن فرآيند و فقدان منابع آگاه باشد. در مقابل زمان کوتاه تخمین و بهبود یک فرآیند کسب و کار، به مفهوم وجود فرآيندي ساده است. سومین معیار ارزیابی، به وضعیت عملکرد فعلی فرآیند در سازمان اختصاص دارد. این معیار خود از سه زیر معیار وجود فرآیند مدون و استقرار یافته، میزان دشواري پیاده سازي و میزان رضایت مشتري داخلی از نتایج عملکرد فرآیند تشکیل شده است. سلسله مراتب این معیارها در شکل ۵ نمایش داده شده است.

۵ یافته‌هاي پژوهش

مساله تصمیم مورد بحث در این پژوهش، ارزیابی و رده‌بندي ۱۳ گروه فرآيندي در شرکت توزیع برق استان مرکزي براي اجراي پروژه بهبود فرآيندي است. این تحلیل براساس ۴ معیار اصلی و ۸ زیرمعیار انجام شده است. شکل ۳ ساختار سلسله مراتبی معیارهاي ارزیابی در این مساله را نمایش می‌دهد.



شکل ۵: *سلسله مراتب تصمیم*

در این تحلیل چهار فرد خبره از مدیران ارشد شرکت توزیع برق استان مرکزي شرکت داشته‌اند. نتایج تحلیل‌هاي ایشان در ادامه بیان شده است.

گام ۱.

طی جدول ۳ مقایسه معیارهاي ارزیابی از دیدگاه خبرگان که براساس متغیرهاي کلامی بیان شده در جدول ۱ و ساختار بیان شده در تعریف ۹.۳ صورت پذیرفته است، گزارش

جدول ۲: *معرفی علائم اختصاري معیارها و گزینه‌هاي تصمیم*

معیارهاي تصمیم‌گیري	
میزان تأثیر فرآیند در سازمان ($C1$)	تعداد افراد درگیر در فرآیند $C11$
	سطح مشتریان داخلی $C12$
پیاده‌سازي $C2$	زمان چرخه اجرا $C21$
	سرمایه مورد نیاز $C22$
	زمان ارزیابی و بهبود $C23$
وضعیت عملکرد فعلی فرآیند $C3$	وجود فرآیند مدون و استقرار یافته $C31$
	میزان دشواري پیاده‌سازي $C32$
	میزان رضایت مشتري داخلی از نتایج عملکرد فرآیند $C33$

گزینه‌هاي تصمیم			
علامت اختصاري	**نام فرآیند**	**علامت اختصاري**	**نام فرآیند**
Alt 1	تحلیل مشتري ، فروش و خدمات پس از فروش انرژي	Alt 8	مدیریت منابع مالی
Alt 2	تحقیقات و مدیریت دانش	Alt 9	مدیریت فناوري اطلاعات
Alt 3	ایجاد، بهینه‌سازي وتوسعه شبکه توزیع	Alt 10	مدیریت دارایی‌هاي فیزیکی
Alt 4	خرید و فروش انرژي	Alt 11	رهبري و مدیریت استراتژیک
Alt 5	توسعه و مدیریت سرمایه انسانی	Alt 12	مدیریت زنجیره تامین
Alt 6	بهره برداري و نت شبکه توزیع	Alt 13	مدیریت ارتباط با ذینفعان
Alt 7	مدیریت ریسک و انطباق‌پذیري		

شده است:

جدول ۳: *مقایسات زوجی معیارهاي اصلی از دید خبرگان*

شماره فرد خبره		$C1$	$C2$	$C3$	$C4$
۱	$C1$	ترجیح یکسان	بزرگتر مساوي ترجیح قوي‌تر	ترجیح به شدت بیشتر	بین ترجیح یکسان و کمی بیشتر
	$C2$	–	ترجیح یکسان	ترجیح کمی بیشتر	–
	$C3$	–	–	ترجیح یکسان	–
	$C4$	–	بین ترجیح یکسان و کمی بیشتر	ترجیح قوي‌تر	ترجیح یکسان
۲	$C1$	ترجیح یکسان	–	بین ترجیح نسبتا بیشتر تا قوي‌تر	
	$C2$	ترجیح یکسان	ترجیح یکسان	بین ترجیح نسبتا بیشتر تا قوي‌تر	–
	$C3$	–	–	ترجیح یکسان	–
	$C4$	ترجیح کمی بیشتر	ترجیح کمی بیشتر	بزرگتر از ترجیح نسبتا بیشتر	ترجیح یکسان
۳	$C1$	ترجیح یکسان	–	ترجیح نسبتا بیشتر	ترجیح نسبتا بیشتر
	$C2$	بین ترجیح یکسان و کمی بیشتر	ترجیح یکسان	ترجیح نسبتا بیشتر	بین ترجیح نسبتا بیشتر و قوي‌تر
	$C3$	–	–	ترجیح یکسان	–
	$C4$	–	–	ترجیح یکسان	ترجیح یکسان
۴	$C1$	ترجیح یکسان	ترجیح یکسان	بین ترجیح نسبتا بیشتر و قوي‌تر	ترجیح کمی بیشتر
	$C2$	–	ترجیح یکسان	ترجیح به شدت بیشتر	ترجیح یکسان
	$C3$	–	–	ترجیح یکسان	–
	$C4$	–	–	ترجیح به شدت بیشتر	ترجیح یکسان

گام ۲.

مقایسات زوجی انجام پذیرفته توسط تابع تبدیل E_{G_H} به مجموعه‌هاي فازي مردد تبدیل می‌شود. جدول ۴ بیانگر این مجموعه‌ها است.

جدول ۴: *مجموعه‌هاي فازي مردد متناظر با مقايسات زوجی معيارهاي اصلی*

خبره		C_1	C_2	C_3	C_4	خبره		C_1	C_2	C_3	C_4
۱	C_1	$\{s_0\}$	$\{s_3, s_4\}$	$\{s_4\}$	$\{s_0, s_1\}$	۳	C_1	$\{s_0\}$		$\{s_2, s_3\}$	
	C_2		$\{s_0\}$	$\{s_1\}$			C_2	$\{s_0\}$	$\{s_0\}$	$\{s_2, s_3\}$	
	C_3			$\{s_0\}$			C_3			$\{s_0\}$	
	C_4		$\{s_0, s_1\}$	$\{s_3\}$	$\{s_0\}$		C_4	$\{s_1\}$	$\{s_1\}$	$\{s_3, s_4\}$	$\{s_0\}$
۲	C_1	$\{s_0\}$		$\{s_2\}$	$\{s_2\}$	۴	C_1	$\{s_0\}$	$\{s_0\}$	$\{s_2, s_3\}$	$\{s_1\}$
	C_2	$\{s_0, s_1\}$	$\{s_0\}$	$\{s_2\}$	$\{s_2, s_3\}$		C_2		$\{s_0\}$	$\{s_4\}$	$\{s_0\}$
	C_3			$\{s_0\}$			C_3			$\{s_0\}$	
	C_4			$\{s_0\}$	$\{s_0\}$		C_4			$\{s_4\}$	$\{s_0\}$

گام ۳.

در اين گام براساس مقياس بيان شده در جدول ۱ اعداد فازي نوع-۲ بازه‌اي به هر يک از مجموعه‌هاي فوق متناظر می‌گردند. چنانچه مجموعه‌اي بيش از يک عضو داشته باشد از عملگر ميانگين وزنی مردد نوع-۲ فازي (رابطه (۱۰)) براي محاسبه مقدار متوسط استفاده می‌شود. نتيجه تشکيل ماتريس تصميم به ازاي هر فرد خبره است که در ادامه مقدار آنها بيان شده است.

ماتریس تصمیم خبره ۱:

$$A = \begin{bmatrix} (1,1,1;1,1,1)(1,1,1;1,1,1) & (۶,۷,۸۵,۹;1,1)(۶۲,۷۲,۸۳,۸۹;۰۸,۰۸) & (۷,۸,۹,۹;1,1)(۷۲,۸۲,۸۸,۹;۰۸,۰۸) & (1,۱۵,۲۵,۳;1,1)(1,1,۱۶,۲۴,۲۸;۰۸,۰۸) \\ (۰۱۱,۰۱۲,۰۱۴,۰۱۷;1,1)(۰۱۱,۰۱۲,۰۱۴,۰۱۶;۰۸,۰۸) & (1,1,1,1;1,1)(1,1,1,1;1,1) & (1,۲,۴,۵;1,1)(1,۲,۲,۳۸,۴۸;۰۸,۰۸) & (۰۳۳,۰۴,۰۶۷,۱;1,1)(۰۳۳,۰۴۲,۰۶۳,۰۸۱;۰۸,۰۸) \\ (۰۱۱,۰۱۱,۰۱۳,۰۱۴;1,1)(۰۱۱,۰۱۱,۰۱۲,۰۱۴;۰۸,۰۸) & (۰۲,۰۳,۰۵,۱;1,1)(۰۲,۰۳,۰۵,۰۸;۰۸,۰۸) & (1,1,1,1;1,1)(1,1,1,1;1,1) & (۰۱۱,۰۱۳,۰۱۷,۰۲;1,1)(۰۱۱,۰۱۳,۰۱۶,۰۱۹;۰۸,۰۸) \\ (۰۳۳,۰۴,۰۶۷,۱;1,1)(۰۳۴,۰۴۲,۰۶۳,۰۸۱;۰۸,۰۸) & (1,۱۵,۲۵,۳;1,1)(1,1,۱۶,۲۴,۲۸;۰۸,۰۸) & (۵,۶,۸,۹;1,1)(۵۲,۶۲,۷۸,۸۸;۰۸,۰۸) & (1,1,1,1;1,1)(1,1,1,1;1,1) \end{bmatrix}$$

ماتریس تصمیم خبره ۲:

$$A = \begin{bmatrix} (1,1,1;1,1,1)(1,1,1;1,1,1) & (1,1,1;1,1,1)(1,1,1;1,1,1) & (۴,۵,۷,۸;1,1)(۴۲,۵۲,۶۸,۷۸;۰۸,۰۸) & (۰۲,۰۲۵,۰۵,1;1,1)(۰۲۱,۰۲۶,۰۲۵,۰۸۳;۰۸,۰۸) \\ (1,1,1;1,1,1)(1,1,1;1,1,1) & (1,1,1;1,1,1)(1,1,1;1,1,1) & (۴,۵,۷,۸;1,1)(۴۲,۵۲,۶۸,۷۸;۰۸,۰۸) & (۰۲,۰۲۵,۰۵,1;1,1)(۰۲۱,۰۲۶,۰۲۵,۰۸۳;۰۸,۰۸) \\ (۰۱۳,۰۱۴,۰۲,۰۲۵;1,1)(۰۱۳,۰۱۵,۰۱۹,۰۲۴;۰۸,۰۸) & (۰۱۳,۰۱۴,۰۲,۰۲۵;1,1)(۰۱۳,۰۱۵,۰۱۹,۰۲۴;۰۸,۰۸) & (1,1,1,1;1,1)(1,1,1,1;1,1) & (۰۱۱,۰۱۲,۰۱۴,۰۱۷;1,1)(۰۱۱,۰۱۲,۰۱۴,۰۱۶;۰۸,۰۸) \\ (1,۲,۴,۵;1,1)(1,۲,۲,۳۸,۴۸;۰۸,۰۸) & (1,۲,۴,۵;1,1)(1,۲,۲,۳۸,۴۸;۰۸,۰۸) & (۶,۷,۸,۵;9;1,1)(۶۲,۷۲,۸۳,۸۹;۰۸,۰۸) & (1,1,1,1;1,1)(1,1,1,1;1,1) \end{bmatrix}$$

ماتریس تصمیم خبره ۳:

$$A = \begin{bmatrix} (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) & (۰٫۳۳, ۰٫۴, ۰٫۶۷, ۱; ۱, ۱, ۱)(۰٫۳۴, ۰٫۴۲, ۰٫۶۳, ۰٫۹۱; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۳, ۴, ۶, ۷; ۱, ۱)(۳٫۲, ۴٫۲, ۵٫۸, ۶٫۸; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۳, ۴, ۶, ۷; ۱, ۱)(۳٫۲, ۴٫۲, ۵٫۸, ۶٫۸; ۰٫۸, ۰٫۸) \\ (۱, ۱٫۵, ۲٫۵, ۳; ۱, ۱)(۱٫۱, ۱٫۶, ۲٫۴, ۲٫۹; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱) & (۳, ۴, ۶, ۷; ۱, ۱)(۳٫۲, ۴٫۲, ۵٫۸, ۶٫۸; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۴, ۵, ۷, ۸; ۱, ۱)(۴٫۲, ۵٫۲, ۶٫۸, ۷٫۸; ۰٫۸, ۰٫۸) \\ (۰٫۱۴, ۰٫۱۷, ۰٫۲۵, ۰٫۳۳; ۱, ۱)(۰٫۱۵, ۰٫۱۷, ۰٫۲۴, ۰٫۳۱; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۰٫۱۴, ۰٫۱۷, ۰٫۲۵, ۰٫۳۳; ۱, ۱)(۰٫۱۵, ۰٫۱۷, ۰٫۲۴, ۰٫۳۱; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱) \\ (۰٫۱۴, ۰٫۱۷, ۰٫۲۵, ۰٫۳۳; ۱, ۱)(۰٫۱۵, ۰٫۱۷, ۰٫۲۴, ۰٫۳۱; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۰٫۱۳, ۰٫۱۴, ۰٫۲, ۰٫۲۵; ۱, ۱)(۰٫۱۳, ۰٫۱۵, ۰٫۱۹, ۰٫۲۴; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱) \end{bmatrix}$$

ماتریس تصمیم خبره ۴:

$$A = \begin{bmatrix} (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) & (۴, ۵, ۷, ۸; ۱, ۱)(۴٫۲, ۵٫۲, ۶٫۸, ۷٫۸; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۲, ۴, ۵; ۱, ۱)(۱٫۲, ۲٫۲, ۳٫۸, ۴٫۸; ۰٫۸, ۰٫۸) \\ (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) & (۷, ۸, ۹, ۹; ۱, ۱)(۷٫۲, ۸٫۲, ۸٫۸, ۹; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) \\ (۰٫۱۳, ۰٫۱۴, ۰٫۲, ۰٫۲۵; ۱, ۱)(۰٫۱۳, ۰٫۱۵, ۰٫۱۹, ۰٫۲۴; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۰٫۱۱, ۰٫۱۱, ۰٫۱۳, ۰٫۱۴; ۱, ۱)(۰٫۱۱, ۰٫۱۱, ۰٫۱۲, ۰٫۱۴; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) & (۰٫۱۱, ۰٫۱۱, ۰٫۱۳, ۰٫۱۴; ۱, ۱)(۰٫۱۱, ۰٫۱۱, ۰٫۱۲, ۰٫۱۴; ۰٫۸, ۰٫۸) \\ (۰٫۲, ۰٫۲۵, ۰٫۵, ۱; ۱, ۱, ۱)(۰٫۲۱, ۰٫۲۶, ۰٫۴۵, ۰٫۸۳; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۰٫۲, ۰٫۲۵, ۰٫۵, ۱; ۱, ۱, ۱)(۰٫۲۱, ۰٫۲۶, ۰٫۴۵, ۰٫۸۳; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۷, ۸, ۹, ۹; ۱, ۱)(۷٫۲, ۸٫۲, ۸٫۸, ۹; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) \end{bmatrix}$$

نظرات تجمیع شده خبرگان

$$A = \begin{bmatrix} (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) & (۱٫۱۹, ۱٫۲۹, ۱٫۵۴, ۱٫۸۳; ۱, ۱)(۱٫۲۱, ۱٫۳۲, ۱٫۵۱, ۱٫۶۹; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۴٫۲۸, ۵٫۳۲, ۷٫۱۷, ۷٫۹۷; ۱, ۱)(۴٫۴۹, ۵٫۵۲, ۶٫۹۷, ۷٫۸۱; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۰٫۹, ۱٫۳, ۲٫۳۴, ۳٫۲; ۱, ۱)(۰٫۹۷, ۱٫۴, ۲٫۲۱, ۲٫۹۸; ۰٫۸, ۰٫۸) \\ (۰٫۵۸, ۰٫۶۵, ۰٫۷۷, ۰٫۸۴; ۱, ۱)(۰٫۵۹, ۰٫۶۶, ۰٫۷۶, ۰٫۸۳; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱) & (۳٫۰۳, ۴٫۲۳, ۶٫۲۴, ۷٫۰۹; ۱, ۱)(۳٫۲۸, ۴٫۴۶, ۶٫۰۳, ۶٫۹۲; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۰٫۷, ۰٫۸, ۱٫۲۴, ۱٫۶۸; ۱, ۱)(۰٫۷۴, ۰٫۸۷, ۱٫۱۸, ۱٫۵۶; ۰٫۸, ۰٫۸) \\ (۰٫۱۳, ۰٫۱۴, ۰٫۱۹, ۰٫۲۳; ۱, ۱)(۰٫۱۳, ۰٫۱۴, ۰٫۱۸, ۰٫۲۲; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۰٫۱۴, ۰٫۱۶, ۰٫۲۴, ۰٫۳۳; ۱, ۱)(۰٫۱۴, ۰٫۱۷, ۰٫۲۲, ۰٫۳; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱) & (۰٫۲, ۰٫۲, ۰٫۲۳, ۰٫۲۶; ۱, ۱)(۰٫۱۹, ۰٫۲, ۰٫۲۳, ۰٫۲۶; ۰٫۸, ۰٫۸) \\ (۰٫۳۱, ۰٫۴۳, ۰٫۷۶, ۱٫۱۴; ۱, ۱)(۰٫۳۴, ۰٫۴۵, ۰٫۷۱, ۱٫۰۳; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۰٫۴, ۰٫۵۷, ۱, ۱٫۳۹; ۱, ۱)(۰٫۴۳, ۰٫۶۱, ۰٫۹۴, ۱٫۲۹; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۳٫۸۱, ۴٫۲۸, ۴٫۹۷, ۵٫۲; ۱, ۱)(۳٫۹, ۴٫۳۷, ۴٫۸۹, ۵٫۱۲; ۰٫۸, ۰٫۸) & (۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱)(۱, ۱, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱, ۱) \end{bmatrix}$$

گام ۴.

در ادامه به منظور ارزیابی سازگاري قضاوت‌هاي بیان شده توسط خبرگان، مقادیر دیفازي شده ماتریس‌هاي تصمیم هر فرد خبره با استفاده از رابطه (۱۱) محاسبه شده است.

جدول ۵: ارزیابی سازگاري قضاوت‌هاي تصمیم‌گیرندگان در مورد معیارهاي اصلی

خبره	ماتریس دیفازي شده مقایسه معیارهاي اصلی	شاخص ناسازگاري (CI)	نرخ ناسازگاري (CR)
۱	$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۱/۰۰ & ۷/۲۵ & ۷/۸۵ & ۱/۹ \\ ۰/۱۳ & ۱/۰۰ & ۲/۸۵ & ۰/۵۶ \\ ۰/۱۲ & ۰/۴۵ & ۱/۰۰ & ۰/۱۴ \\ ۰/۵۶ & ۱/۹۰ & ۶/۶۵ & ۱/۰۰ \end{bmatrix} \end{array}$	۰/۰۷	۰/۰۸
۲	$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۱/۰۰ & ۰/۹۵ & ۵/۷۰ & ۰/۴۵ \\ ۰/۹۵ & ۱/۰۰ & ۵/۷۰ & ۰/۴۵ \\ ۰/۱۷ & ۰/۱۷ & ۱/۰۰ & ۰/۱۳ \\ ۲/۸۵ & ۲/۸۵ & ۷/۲۵ & ۱/۰۰ \end{bmatrix} \end{array}$	۰/۰۶	۰/۰۶
۳	$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۱/۰۰ & ۰/۵۶ & ۴/۷۵ & ۴/۷۵ \\ ۱/۹۰ & ۱/۰۰ & ۴/۷۵ & ۵/۷۰ \\ ۰/۲۱ & ۰/۲۱ & ۱/۰۰ & ۰/۹۵ \\ ۰/۲۱ & ۰/۱۷ & ۰/۹۵ & ۱/۰۰ \end{bmatrix} \end{array}$	۰/۰۲	۰/۰۳
۴	$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۱/۰۰ & ۰/۹۵ & ۵/۷۰ & ۲/۸۵ \\ ۰/۹۵ & ۱/۰۰ & ۷/۸۵ & ۰/۹۵ \\ ۰/۱۷ & ۰/۱۲ & ۱/۰۰ & ۰/۱۲ \\ ۰/۴۵ & ۱/۰۰ & ۷/۸۵ & ۱/۰۰ \end{bmatrix} \end{array}$	۰/۰۱	۰/۰۱

از آنجا که نرخ سازگاري ماتریس مقایسات زوجی بیان شده توسط خبرگان در هر چهار مورد کمتر از حد آستانه ۰,۱ است، قضاوت‌هاي بیان شده سازگار فرض می‌شود.

گام ۵. تجمیع نظرات خبرگان

پس از ارزیابی سازگاري نظرات هر خبره، تجمعیع نظرات خبرگان با استفاده از عملگر میانگین مردد نوع-۲ فازي (رابطه (۱۰)) صورت می‌پذیرد. حاصل این نظرات تجمیع شده در انتهاي ماتریس‌هاي مقایسات زوجی خبرگان گزارش شده است.

گام ۶. محاسبه اوزان معيارهاي تصميم

براي محاسبه اوزان معيارهاي اصلی در ابتدا ميانگين هندسی هر سطر ماتريس نظرات تجميع شده خبرگان محاسبه می‌شود:

$$\tilde{\tilde{r}}_{۱} = (۱/۵, ۱/۷, ۲/۳, ۲/۶; ۱, ۱)(۱/۵, ۱/۸, ۲/۲, ۲/۵; ۰/۸, ۰/۸) \qquad (۱۸)$$

$$\tilde{\tilde{r}}_{۲} = (۱/۱, ۱/۲, ۱/۶, ۱/۸; ۱, ۱)(۱/۱, ۱/۳, ۱/۵, ۱/۷; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\tilde{\tilde{r}}_{۳} = (۰/۲, ۰/۳, ۰/۳, ۰/۴; ۱, ۱)(۰/۲, ۰/۳, ۰/۳, ۰/۴; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\tilde{\tilde{r}}_{۴} = (۰/۸, ۱, ۱/۴, ۱/۷; ۱, ۱)(۰/۹, ۱, ۱/۳, ۱/۶; ۰.۸, ۰/۸)$$

در ادامه با استفاده از رابطه ۲۲ وزن معيارها به شكل اعداد فازي نوع-۲ بازه‌اي محاسبه می‌گردد:

$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۱} = (۰/۲۳, ۰/۳۱, ۰/۵۳, ۰/۷۲; ۱, ۱)(۰/۲۴, ۰/۳۳, ۰/۵, ۰/۶۷; ۰.۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۲} = (۰/۱۶, ۰/۲۲, ۰/۳۷, ۰/۵; ۱, ۱)(۰/۱۸, ۰/۲۴, ۰/۳۵, ۰/۴۶; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۳} = (۰/۰۴, ۰/۰۵, ۰/۰۸, ۰/۱۱; ۱, ۱)(۰/۰۴, ۰/۰۵, ۰/۰۷, ۰/۱; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۴} = (۰/۱۳, ۰/۱۸, ۰/۳۳, ۰/۴۷; ۱, ۱)(۰/۱۴, ۰/۱۹, ۰/۳۱, ۰/۴۳; ۰.۸, ۰/۸)$$

مشابه گام‌هاي ۱ تا ۶ براي مقايسه معيارهاي فرعی سطح ۲ با يكديگر و نيز مقايسه عملكرد گزينه‌ها با يكديگر باتوجه به هر معيار صورت پذيرفته است. نتيجه محاسبات درباره مقايسه معيارهاي فرعی با يكديگر (اوزان محلی زيرمعيارها) به شرح ذيل می‌باشد:

$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۱۱}^{\text{loc}} = (۰/۳۱, ۰/۳۹, ۰/۶۱, ۰/۷۸; ۱, ۱)(۰/۳۲, ۰/۴۱, ۰/۵۸, ۰/۷۴; ۰.۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۱۲}^{\text{loc}} = (۰/۳۲, ۰/۴۱, ۰/۶۴, ۰/۸۲; ۱, ۱)(۰/۳۴, ۰/۴۳, ۰/۶۱, ۰/۷۸; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۲۱}^{\text{loc}} = (۰/۰۵, ۰/۰۶, ۰/۱۰, ۰/۱۴; ۱, ۱)(۰/۰۵, ۰/۰۷, ۰/۱۰, ۰/۱۳; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۲۲}^{\text{loc}} = (۰/۳۳, ۰/۴۵, ۰/۷۷, ۱/۰۱; ۱, ۱)(۰/۳۵, ۰/۴۸, ۰/۷۲, ۰/۹۵; ۰.۸, ۰/۸)$$

$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۲۳}^{\text{loc}} = (۰/۱۸, ۰/۲۵, ۰/۴۴, ۰/۶۲; ۱, ۱)(۰/۱۹, ۰/۲۶, ۰/۴۱, ۰/۵۷; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۳۱}^{\text{loc}} = (۰/۲۴, ۰/۳۳, ۰/۵۸, ۰/۸۲; ۱, ۱)(۰/۲۵, ۰/۳۵, ۰/۵۵, ۰/۷۶; ۰.۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۳۲}^{\text{loc}} = (۰/۰۹, ۰/۱۱, ۰/۲۰, ۰/۳۰; ۱, ۱)(۰/۰۹, ۰/۱۲, ۰/۱۹, ۰/۲۷; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۳۳}^{\text{loc}} = (۰/۲۲, ۰/۳۱, ۰/۵۴, ۰/۷۲; ۱, ۱)(۰/۲۴, ۰/۳۳, ۰/۵۱, ۰/۶۸; ۰/۸, ۰/۸)$$

ضرب فازي این اوزان محلی در اوزان معیارهاي سطح بالاتر هر یک، اوزان عمومی زیرمعیارها را به دست می‌دهد:

$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۱۱}^{\text{glo}} = (۰/۰۷, ۰/۱۲, ۰/۳۲, ۰/۵۶; ۱, ۱)(۰/۰۸, ۰/۱۴, ۰/۲۹, ۰/۴۹; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۱۲}^{\text{glo}} = (۰/۰۷, ۰/۱۳, ۰/۳۴, ۰/۵۹; ۱, ۱)(۰/۰۸, ۰/۱۴, ۰/۳۱, ۰/۵۲; ۰.۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۲۱}^{\text{glo}} = (۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۴, ۰/۰۷; ۱, ۱)(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۳, ۰/۰۶; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۲۲}^{\text{glo}} = (۰/۰۵, ۰/۱۰, ۰/۲۸, ۰/۵۰; ۱, ۱)(۰/۰۶, ۰/۱۱, ۰/۲۵, ۰/۴۴; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۲۳}^{\text{glo}} = (۰/۰۳, ۰/۰۶, ۰/۱۶, ۰/۳۱; ۱, ۱)(۰/۰۳, ۰/۰۶, ۰/۱۴, ۰/۲۷; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۳۱}^{\text{glo}} = (۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۴, ۰/۰۹; ۱, ۱)(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۴, ۰/۰۷; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۳۲}^{\text{glo}} = (۰, ۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۳; ۱, ۱)(۰, ۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۳; ۰.۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۳۳}^{\text{glo}} = (۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۴, ۰/۰۸; ۱, ۱)(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۴, ۰/۰۷; ۰/۸, ۰/۸)$$
$$\widetilde{\widetilde{W}}_{۴}^{\text{glo}} = (۰/۱۳, ۰/۱۸, ۰/۳۳, ۰/۴۷; ۱, ۱)(۰/۱۴, ۰/۱۹, ۰/۳۱, ۰/۴۳; ۰.۸, ۰/۸)$$

گام ۷. محاسبه عملکرد گزینه‌هاي تصمیم

مشابه گام‌هاي ۱ تا ۶ در مقایسه عملکرد معیارها درباره هر زیرمعیار انجام شده و با ضرب فازي امتیاز کسب شده در اوزان عمومی براساس رابطه (۱۷) امتیاز عملکرد نهایی هر گزینه تصمیم محاسبه می‌گردد:

با دیفازي کردن مقادیر کسب شده می‌توان رده‌بندي نهایی از مقایسه عملکرد این گزینه‌ها را به دست آورد. بدین ترتیب اولویت گروه‌هاي فرآیندي مختلف براي اجراي

جدول ۶: رده‌بندي سطح اولويت گروه‌هاي فرآيندي براي اجراي پروژه‌هاي بهبود

گزينه	امتياز نهايي عملكرد
Alt 1	(۰٫۰۴, ۰٫۰۶, ۰٫۱۶, ۰٫۲۷; ۱, ۱)(۰٫۰۴, ۰٫۰۷, ۰٫۱۴, ۰٫۲۴; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 2	(۰٫۰۱, ۰٫۰۲, ۰٫۰۴, ۰٫۰۹; ۱, ۱)(۰٫۰۱, ۰٫۰۲, ۰٫۰۴, ۰٫۰۷; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 3	(۰٫۰۵, ۰٫۰۸, ۰٫۱۹, ۰٫۳۱; ۱, ۱)(۰٫۰۵, ۰٫۰۹, ۰٫۱۷, ۰٫۲۸; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 4	(۰٫۰۲, ۰٫۰۳, ۰٫۰۸, ۰٫۱۴; ۱, ۱)(۰٫۰۲, ۰٫۰۳, ۰٫۰۷, ۰٫۱۳; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 5	(۰٫۰۲, ۰٫۰۴, ۰٫۱۰, ۰٫۱۸; ۱, ۱)(۰٫۰۳, ۰٫۰۴, ۰٫۰۹, ۰٫۱۶; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 6	(۰٫۰۵, ۰٫۰۸, ۰٫۱۹, ۰٫۳۲; ۱, ۱)(۰٫۰۵, ۰٫۰۹, ۰٫۱۸, ۰٫۲۹; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 7	(۰٫۰۲, ۰٫۰۳, ۰٫۰۹, ۰٫۱۶; ۱, ۱)(۰٫۰۲, ۰٫۰۴, ۰٫۰۸, ۰٫۱۴; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 8	(۰٫۰۴, ۰٫۰۷, ۰٫۱۹, ۰٫۳۱; ۱, ۱)(۰٫۰۵, ۰٫۰۸, ۰٫۱۷, ۰٫۲۸; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 9	(۰٫۰۳, ۰٫۰۵, ۰٫۱۲, ۰٫۲۱; ۱, ۱)(۰٫۰۳, ۰٫۰۵, ۰٫۱۱, ۰٫۱۸; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 10	(۰٫۰۱, ۰٫۰۱, ۰٫۰۴, ۰٫۰۸; ۱, ۱)(۰٫۰۱, ۰٫۰۲, ۰٫۰۳, ۰٫۰۷; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 11	(۰٫۰۵, ۰٫۰۸, ۰٫۱۸, ۰٫۲۸; ۱, ۱)(۰٫۰۶, ۰٫۰۹, ۰٫۱۷, ۰٫۲۵; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 12	(۰٫۰۳, ۰٫۰۵, ۰٫۱۳, ۰٫۲۲; ۱, ۱)(۰٫۰۴, ۰٫۰۶, ۰٫۱۲, ۰٫۱۹; ۰٫۸, ۰٫۸)
Alt 13	(۰٫۰۲, ۰٫۰۲, ۰٫۰۶, ۰٫۱۲; ۱, ۱)(۰٫۰۲, ۰٫۰۳, ۰٫۰۶, ۰٫۱۰; ۰٫۸, ۰٫۸)

پروژه‌هاي بهبود به شرح ذيل مي‌باشد:

$$\text{Alt}\,۶ > \text{Alt}\,۳ > \text{Alt}\,۸ > \text{Alt}\,۱۱ > \text{Alt}\,۱ > \text{Alt}\,۱۲ > \text{Alt}\,۹ > \text{Alt}\,۵ > \text{Alt}\,۷ > \text{Alt}\,۴ > \text{Alt}\,۲ > \text{Alt}\,۱۰ > \text{Alt}\,۱۳$$

همان‌گونه كه مشاهده مي‌شود براساس اولويت‌بندي صورت پذيرفته بهره‌برداري و نت شبكه توزيع، ايجاد، بهينه‌سازي و توسعه شبكه توزيع، مديريت منابع مالی و رهبري و مديريت استراتژيک حوزه‌هاي داراي اولويت براي اجراي پروژه‌هاي بهبود در سازمان شناسايی شده‌اند.

۶ بحث و بررسی

رويكرد پيشنهادي در اين تحقيق تلاش دارد تا با بهره‌گيري از تركيبی از مجموعه‌هاي فازي بازه‌اي نوع-۲ و مردد اقدام به توسعه روش تحليل سلسله مراتبی و به كارگيري آن در حل يک مساله تصميم‌گيري گروهی در سازمان نمايد. در اين بخش به منظور مقايسه رويكرد پيشنهادي با ادبيات تحقيق موجود، مساله تصميم تشريح شده در اين تحقيق مجددا با

روش تحلیل سلسله مراتبی فازي مردد توسعه داده شده توسط ازتایسی[۲۳] و همکاران (۲۰۱۹) حل شده است [۳۷]. در رویکرد مورد استفاده در این مقاله که نمونه‌اي از مقالات توسعه روش AHP با مجموعه‌هاي فازي مردد است، از اعداد فازي نوع -۱ استفاده شده است. با درنظر داشتن مقادیر نظرات خبرگان بیان شده در جدول ۴ درباره مقایسه زوجی معیارهاي اصلی و با اعمال عملگر میانگین وزنی مردد، متوسط این نظرات در قالب اعداد فازي نوع -۱ بیان می‌شوند. جدول ۷ ماتریس تصمیم این مقایسات زوجی را نشان می‌دهد. مقادیر دیفازي شده متوسط نظرات هر خبره با استفاده از روش مرکز ثقل محاسبه شده است. شاخص ناسازگاري و نرخ ناسازگاري این نظرات در جدول ۷ گزارش شده است.

جدول ۷: ارزیابی سازگاري قضاوت‌هاي تصمیم‌گیرندگان در مورد معیارهاي اصلی با استفاده از روش ازتایسی و همکاران (۲۰۱۹) [۳۷]

خبره	ماتریس دیفازي شده مقایسه معیارهاي اصلی	شاخص ناسازگاري (CI)	نرخ ناسازگاري (CR)
۱	$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۱ & ۷/۶۷ & ۸/۳۳ & ۲ \\ ۰/۱۳ & ۱ & ۳ & ۰/۵۸ \\ ۰/۱۲ & ۰/۴۵ & ۱ & ۰/۱۵ \\ ۰/۵۸ & ۲ & ۷ & ۱ \end{bmatrix} \end{array}$	۰/۱۳۹	۰/۱۵۴
۲	$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۱ & ۱ & ۶ & ۰/۴۵ \\ ۱ & ۱ & ۶ & ۰/۴۵ \\ ۰/۱۸ & ۰/۱۸ & ۱ & ۰/۱۳ \\ ۳ & ۳ & ۷/۶۷ & ۱ \end{bmatrix} \end{array}$	۰/۱۱۸	۰/۱۳۱
۳	$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۱ & ۰/۵۸ & ۵ & ۵ \\ ۲ & ۱ & ۵ & ۶ \\ ۰/۲۲ & ۰/۲۲ & ۱ & ۱ \\ ۰/۲۲ & ۰/۱۸ & ۱ & ۱ \end{bmatrix} \end{array}$	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹
۴	$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۱ & ۱ & ۶ & ۳ \\ ۱ & ۱ & ۸/۳۳ & ۱ \\ ۰/۱۸ & ۰/۱۲ & ۱ & ۰/۱۲ \\ ۰/۴۵ & ۱ & ۸/۳۳ & ۱ \end{bmatrix} \end{array}$	۰/۱۶۷	۰/۱۸۵

[23] Oztaysi

همان‌گونه که مشاهده می‌شود کاربرد اعداد فازي نوع-۲ (نتايج بيان شده در جدول ۵) به دليل انعطاف پذيري بيشتر در بيان نظرات خبرگان در مقايسه با کاربرد مجموعه‌هاي فازي نوع-۱ (نتايج بيان شده در جدول ۷)، بهبود قابل ملاحظه‌اي در کاهش مقادير ناسازگاري حاصل مقايسات زوجی ايجاد کرده است. در ادامه کليه محاسبات بخش قبل مجددا با کاربرد اعداد فازي نوع-۱ و تجميع آنها در مجموعه‌هاي فازي مردد انجام پذيرفته است. براي مشاهده جزئيات محاسباتی به Oztaysi و همکاران (۲۰۱۹) مراجعه فرماييد [۴۳]. نتايج حاصل در مورد اوزان عمومی معيارها و امتيازات نهايی عملکرد گزينه‌ها به شرح ذيل می‌باشد:

$$W_{11}^{glo} = (۰/۰۷, ۰/۱۲, ۰/۳۲, ۰/۵۵) \quad \text{Alt}_۱ = (۰/۰۳, ۰/۰۵, ۰/۱۱, ۰/۱۹)$$
$$W_{12}^{glo} = (۰/۰۷, ۰/۱۳, ۰/۳۳, ۰/۵۸) \quad \text{Alt}_۲ = (۰/۰۲, ۰/۰۲, ۰/۰۶, ۰/۱۱)$$
$$W_{21}^{glo} = (۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۴, ۰/۰۷) \quad \text{Alt}_۳ = (۰/۰۵, ۰/۰۸, ۰/۱۹, ۰/۳۱)$$
$$W_{22}^{glo} = (۰/۰۵, ۰/۱۰, ۰/۲۸, ۰/۴۹) \quad \text{Alt}_۴ = (۰/۰۲, ۰/۰۳, ۰/۰۸, ۰/۱۴)$$
$$W_{23}^{glo} = (۰/۰۳, ۰/۰۵, ۰/۱۶, ۰/۳۰) \quad \text{Alt}_۵ = (۰/۰۳, ۰/۰۶, ۰/۱۴, ۰/۲۴)$$
$$W_{31}^{glo} = (۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۴, ۰/۰۸) \quad \text{Alt}_۶ = (۰/۰۵, ۰/۰۸, ۰/۱۸, ۰/۲۹)$$
$$W_{32}^{glo} = (۰, ۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۳) \quad \text{Alt}_۷ = (۰/۲۱, ۰/۰۴, ۰/۱۰, ۰/۱۷)$$
$$W_{33}^{glo} = (۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۴, ۰/۰۷) \quad \text{Alt}_۸ = (۰/۰۴, ۰/۰۷, ۰/۱۸, ۰/۳۰)$$
$$W_{4}^{glo} = (۰/۱۴, ۰/۲۰, ۰/۳۴, ۰/۴۶) \quad \text{Alt}_۹ = (۰/۲, ۰/۰۳, ۰/۰۷, ۰/۱۳)$$
$$\text{Alt}_{۱۰} = (۰/۰۲, ۰/۰۳, ۰/۰۷, ۰/۱۴)$$
$$\text{Alt}_{۱۱} = (۰/۰۶, ۰/۰۹, ۰/۲۰, ۰/۳۱)$$
$$\text{Alt}_{۱۲} = (۰/۰۳, ۰/۰۵, ۰/۱۲, ۰/۲۱)$$
$$\text{Alt}_{۱۳} = (۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۵, ۰/۱۰)$$

که اولويت‌بندي زير را در مورد فرآيندهاي کسب و کار به دست می‌دهد:

$$\text{Alt}\,۱۱ > \text{Alt}\,۳ > \text{Alt}\,۸ > \text{Alt}\,۶ > \text{Alt}\,۵ > \text{Alt}\,۱۲ > \text{Alt}\,۱ > \text{Alt}\,۷ > \text{Alt}\,۴ > \text{Alt}\,۱۰ > \text{Alt}\,۹ > \text{Alt}\,۲ > \text{Alt}\,۱۳$$

همانگونه که مشاهده می‌شود، با کاربرد مجموعه‌هاي مردد بر اساس اعداد فازي نوع-۱ رتبه‌بندي گزینه‌ها دچار تغییراتی شده است. با این وجود همان‌گونه که مقایسه نتایج حاصل نشان می‌دهد، چهار گزینه اول در این رتبه‌بندي یکسان بوده و تنها ترتیب آنها با درصدهاي کوچکی اختلاف تغییر کرده است. همین امر درباره ۵ گزینه میانی و چهار گزینه انتهایی این رتبه‌بندي نیز صدق می‌کند. بدین ترتیب همچنان گزینه‌هاي رهبري و مدیریت استراتژیک، ایجاد، بهینه‌سازي و توسعه شبکه برق، مدیریت منابع مالی و بهره‌برداري و نت شبکه توزیع به عنوان اولویت‌هاي این سازمان در اجراي پروژه‌هاي بهبود شناسایی می‌گردد.

۷ نتیجه‌گیري و پیشنهادها

مجموعه‌هاي فازي مردد ابزاري قدرتمند برا ي مواجهه با ابهام و عدم‌قطعیت در داده‌هاي ورودي مدل‌هاي تصمیم‌گیري است [۱۷]. در این پژوهش از ترکیب مجموعه‌هاي فازي مردد و اعداد فازي نوع-۲ بازه‌اي، براي اخذ نظرات خبرگان و حفظ پیچیدگی‌ها و ابهام نهفته در قضاوت‌هاي ایشان طی روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی استفاده شده است. رویکرد پیشنهادي در مساله اولویت‌بندي پروژه‌هاي بهبود در شرکت توزیع برق استان مرکزي به کار گرفته شده است . این رده‌بندي با توجه به محدودیت منابع سازمانی و لزوم هدفمند بودن تلاش‌هاي بهبود، امري ضروري است. این رویکرد می‌تواند براي حل مسائل تصمیم‌گیري با عدم‌قطعیت و ابهام در داده‌ها، تصمیمات مردد و تصمیم‌گیري‌هاي گروهی سازمانی به کار گرفته شود و در عین حال ساختاري انعطاف‌پذیر براي اخذ نظرات نادقیق خبرگان در مورد مسائل مبهم و با پیچیدگی بالا فراهم کند. بدین ترتیب رویکرد پیشنهادي می‌تواند به سادگی در سایر مسائل تصمیم‌گیري با ویژگی‌هاي مشابه به کار گرفته شود. این در حالیست که در روش‌هاي معمول تصمیم‌گیري فازي، امکان اخذ نظرات مبهم و چندگانه خبرگان، بدون ساده‌سازي و کاهش محتواي داده آن وجود ندارد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند براي مدیران، کارشناسان و فعالان صنعت برق و سایر شرکت‌هاي توزیع برق استانی که اغلب ساختار سازمانی و فرآیندهاي کسب و کار مشابه دارند، مورد استفاده قرار گیرد. یکی از زمینه‌هاي پیشنهادي براي تحقیقات آتی، به کارگیري رویکرد پیشنهادي در سایر مسائل تصمیم‌گیري گروهی و مردد با ساختار داده نادقیق و همچنین

ترکیب آن با سایر روش‌هاي تصمیم‌گیري چند معیاره می‌باشد.

مراجع

[۱] اسلامی، ا. نظریه مجموعه‌هاي فازي و تعمیم‌هاي آن. سیستم‌هاي فازي و کاربردها، ۱، ۱-۲۲.

[۲] نهاوندي، ن. و نوروزي، ا. (۱۳۹۰). ارزیابی پیمانکاران با کمک روش‌هاي چند معیاره فازي داراي روابط مستقل و وابسته (مطالعه موردي: پیمانکاران راهبري شرکت قطارهاي مسافري رجا)، پژوهشنامه حمل و نقل، ۸(۳)، ۳۰۳-۳۱۲.

[3] Acar, C., Beskese, A., & Temur, G. T. (2018). Sustainability analysis of different hydrogen production options using hesitant fuzzy AHP. International Journal of Hydrogen Energy, 43(39), 18059-18076.

[4] Adar, T., & Kilic Delice, E. (2019). An integrated MC-HFLTS & MAIRCA method and application in cargo distribution companies. International Journal of Supply and Operations Management, 6(3), 276-281.

[5] APQC. (2019). Process Classification Framework (PCF)-Energy and Utility Utilities - PDF Version 7.2.1. Retrieved Feb 20, 2022, from https://www.apqc.org/resource-library/free-content/nojs?nid=443798

[6] Bagni, G., Godinho Filho, M., Thürer, M., & Stevenson, M. (2021). Systematic review and discussion of production control systems that emerged between 1999 and 2018. Production Planning & Control, 32(7), 511-525.

[7] Beskese, A., Camci, A., Temur, G. T., & Erturk, E. (2020). Wind turbine evaluation using the hesitant fuzzy AHP-TOPSIS method with a case in Turkey. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 38(1), 997-1011.

[8] Bowen, D. E., & Youngdahl, W. E. (1998). “Lean” service: in defense of a production-line approach. International journal of service industry management.

[9] Büyük¨ozkan G, Güler M. (2020) Analysis of companies’ digital maturity by hesitant fuzzy linguistic MCDM methods. J Intell Fuzzy Syst, 38(1):1119–32.

[10] Büyük¨ozkan G, Karabulut Y, Mukul E. (2018) A novel renewable energy selection model for United Nations’ sustainable development goals. Energy,165, 290–302.

[11] Büyüközkan, G., Mukul, E., & Kongar, E. (2021). Health tourism strategy selection via SWOT analysis and integrated hesitant fuzzy linguistic AHP-MABAC approach. Socio-Economic Planning Sciences, 74, 100929.

[12] Candan, G. (2020). Efficiency and performance analysis of economics research using hesitant fuzzy AHP and OCRA methods. Scientometrics, 124(3), 2645-2659.

[13] Celik, E., & Akyuz, E. (2018). An interval type-2 fuzzy AHP and TOPSIS methods for decision-making problems in maritime transportation engineering: the case of ship loader. Ocean Engineering, 155, 371-381.

[14] Çetinkaya, C., Özkan, B., Özceylan, E., & Haffar, S. (2022). An eco-friendly evaluation for locating wheat processing plants: an integrated approach based on interval type-2 fuzzy AHP and COPRAS. Soft Computing, 26(9), 4081-4102.

[15] Durand, M., & Truck, I. (2018). A new proposal to deal with hesitant linguistic expressions on preference assessments. Information Fusion, 41, 176-181.

[16] Ecer, F. (2020). Multi-criteria decision making for green supplier selection using interval type-2 fuzzy AHP: a case study of a home appliance manufacturer. Operational Research, 1-35.

[17] Eslami,S. (2018). Fuzzy set theory and its generalizations. Fuzzy Systems and its Applications, 1(1), 1-22. doi: 20.1001.1.27174409.1397.1.1.1.2=DOR

[18] González-Varona, J. M., López-Paredes, A., Poza, D., & Acebes, F. (2021). Building and development of an organizational competence for digital transformation in SMEs. Journal of Industrial Engineering and Management, 14(1), 15-24.

[19] Havle, C. A., & Kılıç, B. (2019). A hybrid approach based on the fuzzy AHP and HFACS framework for identifying and analyzing gross navigation errors during transatlantic flights. Journal of Air Transport Management, 76, 21-30.

[20] Henrique, D. B., Filho, M. G., Marodin, G., Jabbour, A. B. L. D. S., & Chiappetta Jabbour, C. J. (2021). A framework to assess sustaining continuous improvement in lean healthcare. International Journal of Production Research, 59(10), 2885-2904.

[21] Hu, J., Xiao, K., Chen, X.,& Liu, Y. Interval type-2 hesitant fuzzy set and its application in multi-criteria decision making, Computers & Industrial Engineering, 87(2015), 91-103. https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.04.031.

[22] Kahraman, C., Onar, S. Ç., & Öztayşi, B. (2018). B2C marketplace prioritization using hesitant fuzzy linguistic AHP. International Journal of Fuzzy Systems, 20(7), 2202-2215.

[23] Kahraman, C., Öztayşi, B., Sarı, İ. U., & Turanoğlu, E. (2014). Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets. Knowledge-Based Systems, 59, 48-57.

[24] Karimi, M., Tahayori, H., Tirdad, K., & Sadeghian, A. (2022). A perceptual computer for hierarchical portfolio selection based on interval type-2 fuzzy sets. Granular Computing, 1-21.

[25] Kayapinar Kaya, S., & Aycin, E. (2021). An integrated interval type 2 fuzzy AHP and COPRAS-G methodologies for supplier selection in the era of Industry 4.0. Neural Computing and Applications, 33(16), 10515-10535.

[26] Khan, S. A., Kaviani, M. A., Galli, B. J., & Ishtiaq, P. (2019). Application of continuous improvement techniques to improve organization performance: A case study. International Journal of Lean Six Sigma.

[27] Kutlu Gundogdu, F., & Kahraman, C. (2019). Extension of WASPAS with spherical fuzzy sets. Informatica, 30(2), 269-292.

[28] Li, W., Yu, S., Pei, H., Zhao, C., & Tian, B. (2017). A hybrid approach based on fuzzy AHP and 2-tuple fuzzy linguistic method for evaluation in-flight service quality. Journal of Air Transport Management, 60, 49-64.

[29] Mendel, J.M. John, R.I. & Liu, F.L. Interval type-2 fuzzy logical systems made simple, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 14(6) (2006), 808–821. https://doi.org/10.1109/tfuzz.2006.879986

[30] Mendel, J.M., & Liu, F. (2007). Super-exponential convergence of the Karnik–Mendel algorithms for computing the centroid of an interval type-2 fuzzy set. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 15(2), 309-320.

[31] Mi X, Wu X, Tang M, Liao H, Al-Barakati A, Altalhi AH, et al. (2019) Hesitant fuzzy linguistic analytic hierarchical process with prioritization, consistency checking, and inconsistency repairing. IEEE Access, 7:44135–49.

[32] Nahavandi, N. and Norouzi, A. (2011) ‘Contractor Analysis Via Fuzzy Madm Techniques With Independent And Interdependent Relationships’, JOURNAL OF TRANSPORTATION RESEARCH, 8(3), 303 - 321.

[33] Nguyen, J., Montserrat-Adell, J., Agell, N., Sánchez, M., & Ruiz, F. J. (2020). Fusing hotel ratings and reviews with hesitant terms and consensus measures. Neural Computing and Applications, 32(19), 15301-15311.

[34] Norouzi, A. and Hajiagha, H.R. (2021). An interval type-2 hesitant fuzzy best-worst method. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 40(6), 11625-11652.

[35] Norouzi, A., & Namin, H. G. (2019). A hybrid fuzzy TOPSIS–best worst method for risk prioritization in megaprojects. Civil Engineering Journal, 5(6), 1257-1272.

[36] Ohta R, Salomon VA, Silva MB. (2020) Classical, fuzzy, hesitant fuzzy and intuitionistic fuzzy analytic hierarchy processes applied to industrial maintenance management. J Intell Fuzzy Syst, 38(1):601–8.

[37] Oztaysi, B., Dogan, O., & Gul, H. (2019). Selection of Gamification Elements for Demand Side Energy Management: An Application Using Hesitant Fuzzy AHP. In R&D Management in the Knowledge Era (pp. 299-322). Springer, Cham.

[38] Page, S. (2015). The power of business process improvement: 10 simple steps to increase effectiveness, efficiency, and adaptability. Amacom.

[39] Pambreni, Y., Khatibi, A., Azam, S., & Tham, J. J. M. S. L. (2019). The influence of total quality management toward organization performance. Management Science Letters, 9(9), 1397-1406.

[40] Rodríguez, R. M., Liu, H., & Martínez, L. (2014). A fuzzy representation for the semantics of hesitant fuzzy linguistic term sets. In Foundations of Intelligent Systems (pp. 745-757). Springer, Berlin, Heidelberg.

[41] Saaty TL. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill; 1980.

[42] Salentijn, W., Beijer, S., & Antony, J. (2021). Exploring the dark side of Lean: a systematic review of the lean factors that influence social outcomes. The TQM Journal.

[43] Sahu, K., Alzahrani, F. A., Srivastava, R. K., & Kumar, R. (2020). Hesitant fuzzy sets based symmetrical model of decision-making for estimating the durability of Web application. Symmetry, 12(11), 1770.

[44] Sari, I. U., & TÜYSÜZ, N. (2022). COVID-19 Risk Assessment of Occupations Using Interval Type 2 Fuzzy Z-AHP & Topsis Methodology. Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing, 38.

[45] Torra, V. (2010) Hesitant fuzzy sets, International Journal of Intelligent Systems, 25, 529-539, https://doi.org/10.1002/int.20418

[46] Van Looy, A. (2021). How the COVID-19 pandemic can stimulate more radical business process improvements: Using the metaphor of a tree. Knowledge and Process Management, 28(2), 107-116.

[47] Vom Brocke, J., Mendling, J., & Rosemann, M. (2021). Planning and Scoping Business Process Management with the BPM Billboard1. Business Process Management Cases Vol. 2: Digital Transformation-Strategy, Processes and Execution, 3.

[48] Womack, J. P. Jones, D. T. Roos, D. (1991). The machine that changed the world: The story of lean production. Harper Collins.

[49] Yildiz, A., Ayyildiz, E., Taskin Gumus, A., & Ozkan, C. (2021). A framework to prioritize the public expectations from water treatment plants based on trapezoidal type-2 Fuzzy Ahp method. Environmental Management, 67(3), 439-448.

[50] Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-1, Information Sciences, 8, 199-249.

[51] Zhenzhen, M. A., Kumaraswamy, P. O. N. N. A. M. B. A. L. A. M., Jianjun, Z. H. U., & Shitao, Z. H. A. N. G. (2018). Dynamic hesitant fuzzy linguistic group decision-making from a reliability perspective. Journal of Systems Engineering and Electronics, 29(5), 1009-1021.