مدیریت صنعتی
Journal of Industrial Management
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۷، شمارهٔ ۳
پاییز ۱۳۹۴
ص. ۴۴۴- ۴۲۵

طراحی مدلی برای ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تابع زیان تاگوچی

ابوالقاسم ابراهیمی[۱]، مسلم علی محمدلو[۲]، سحر محمدی[۳]

چکیده: هدف از مقالهٔ پیش رو ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران شرکت توزیع برق استان فارس است. طبیعت چنین تصمیم‌گیری‌هایی به‌طور معمول پیچیده است و اساساً یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری چندمعیاره است. اگر عملکرد پیمانکاران مطلوب نباشد، موجب خسران می‌شود، به‌عبارت دیگر، پیمانکاری عملکرد بهتری دارد که زیان کمتری را بر شرکت تحمیل کند. برای تعیین میزان زیان ناشی از اقدام‌های پیمانکاران می‌توان از تابع زیان تاگوچی استفاده کرد. در این مقاله با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و ترکیب آن با مدل تابع زیان تاگوچی مدلی برای ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران ارائه می‌شود. این روش رتبه‌بندی کاملی را براساس عملکرد رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان ارائه می‌کند. ورودی این مدل داده‌های مربوط به بیست پیمانکار شرکت توزیع برق استان فارس در بیست‌وچهار معیار انتخابی و خروجی این مدل امتیاز نهایی زیان ناشی از کار با هر پیمانکار است. براساس نتایج قوی‌ترین و ضعیف‌ترین پیمانکار به‌ترتیب زیانی معادل ۲۹/۲۰ و ۹۸/۱۵ درصد به شرکت وارد می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی پیمانکاران، تابع زیان تاگوچی، تحلیل سلسله مراتبی، تئوری فازی.

۱. استادیار گروه مدیریت، دانشکدهٔ اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲. استادیار گروه مدیریت، دانشکدهٔ اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی‌ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹٤/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹٤/۰٦/۱۵
نویسندهٔ مسئول مقاله: مسلم علی‌محمدلو
E-mail: mslmaml@gmail.com

مقدمه

براساس نتایج بررسی‌ها، علل عمدهٔ شکست‌های پروژه‌ها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به پیمانکار مجری مربوط می‌شود. این مسئله لزوم دقت در ارزیابی پیمانکاران را نشان می‌دهد (دشتی و همکاران، ۱۳۹۰). ارزیابی پیمانکاران برای پروژه‌ها، هم از لحاظ زمان و هزینهٔ پروژه و هم از لحاظ کیفیت حاصل از اجرای پروژه، تصمیم مهم و حائز اهمیتی است (آهاری و نیاکی، ۲۰۱۴). با توجه به تعدد شاخص‌ها و اینکه بسیاری از معیارها، کیفی‌اند، می‌توان از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و تئوری مجموعه‌های فازی برای ارزیابی پیمانکاران استفاده کرد (گلبهارزاده، مهدوی عادلی، خضرلو و گلبهارزاده، ۱۳۹۲).

پیمانکاران نقش مهم و کلیدی در شرکت توزیع برق استان فارس دارند و به فعالیت‌هایی مانند اجرای عملیات شبکه، قطع و وصل برق مشترکان بدهکار، بازدید از محل نصب لوازم اندازه‌گیری، نظارت بر عملیات تبدیل شبکه از سیم مسی به کابل خودنگهدار نصب کنتور تک‌فاز و سه‌فاز و اصلاح لوازم تک‌فاز و سه‌فاز و ... می‌پردازند (سایت شرکت توزیع برق شیراز).

به‌علت تنوع و تعدد پیمانکارانی که مشغول انجام پیمان و پروژه‌اند، عدم ارزیابی آنها موجب می‌شود که اجرای پروژه از لحاظ زمانی طولانی‌تر شود و با کیفیت ضعیف و هزینهٔ بیشتر انجام پذیرد و موجب زیان شرکت شود. ازاین‌رو لزوم برنامه‌ریزی دقیق و کارامد برای جلوگیری از اتلاف منابع و انجام باکیفیت فعالیت‌های واگذارشده احساس می‌شود تا علاوه‌بر افزایش بهره‌وری در استفاده از منابع موجود، منابع شرکت بهینه هزینه شود.

اگر عملکرد پیمانکاران کیفیت لازم را نداشته باشد، موجب زیان می‌شود. به‌عبارت دیگر، پیمانکاری عملکرد بهتری دارد که زیان کمتری را بر شرکت تحمیل کند. برای تعیین میزان زیان ناشی از اقدامات ناصحیح پیمانکاران می‌توان از تابع زیان تاگوچی استفاده کرد. در این مقاله با ترکیب مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در فضای فازی و ترکیب آن با مدل تابع زیان تاگوچی مدلی برای ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران ارائه می‌شود. این روش رتبه‌بندی کاملی برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان براساس عملکرد آنها ارائه می‌کند.

پیشینهٔ پژوهش

روش‌شناسی و روش‌های مورد استفاده در مسئلهٔ ارزیابی پیمانکاران را می‌توان به‌صورت جدول ۱ دسته‌بندی کرد (هالت، ۱۹۹۸). در مقالهٔ حاضر از ترکیب متدولوژی تحلیل چندشاخصه و تئوری فازی استفاده شده است. در ادامه به برخی از تحقیقات در این زمینه اشاره می‌شود.

جدول ۱. متدولوژی‌های ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران

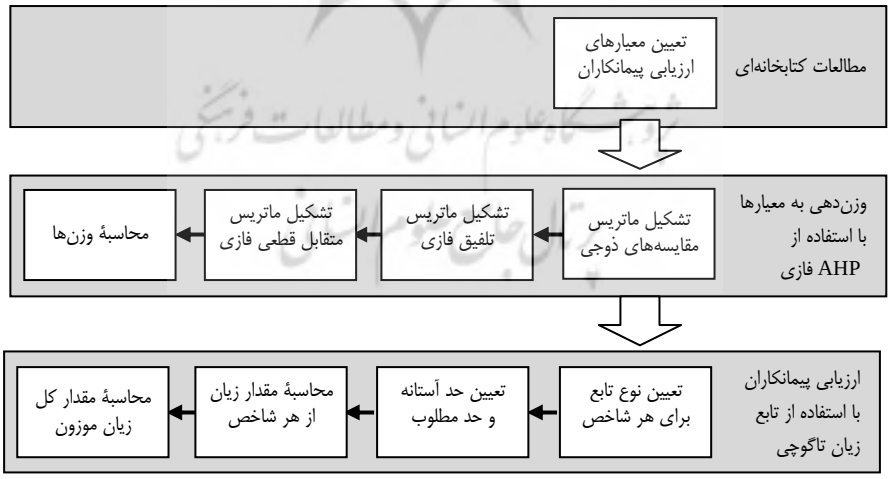
متدولوژی	استفاده‌های شناخته‌شده	میزان شهودی بودن	ماهیت اطلاعات	ماهیت اطلاعات خروجی
رویکرد سفارشی	استفادهٔ بسیار در زیاد در بخش صنایع	ورودی و خروجی بسیار ذهنی	توصیفی، باینری، زبانی، شهودی	باینری/ توصیفی
تحلیل چندشاخصه	بیشتر در صنعت استفاده می‌شود، استفاده‌های دانشگاهی نیز دارد	ورودی تا حدی وابسته به ارزیابی شهودی از ویژگی‌ها	فاصله‌ای و رتبه‌ای	امتیازهای عددی و رتبه‌بندی بین گزینه‌ها
تئوری مطلوبیت چندشاخصه	دارای برخی استفاده‌های دانشگاهی	ورودی، اطلاعات کیفی را به کمی تبدیل می‌کند	اطلاعات خام کیفی که ضمن استفاده به فاصله‌ای تبدیل می‌شود	امتیازهای عددی و رتبه‌بندی بین گزینه‌ها
رگرسیون چندگانه	دارای برخی استفاده‌های دانشگاهی	دستیابی به ارزیابی ذهنی از طریق اطلاعات فاصله‌ای	فاصله‌ای پیش‌بین‌شده	عددی، مقادیر آتی
تحلیل خوشه	دارای استفاده‌های محدود	اگر اطلاعات چندگانهٔ خام استفاده شود، شهودی نیست	چندگانه	عضویت گروه و ویژگی‌های گروه
تئوری فازی	برخی استفاده‌های دانشگاهی	میدان برای توسعهٔ پروفایل ویژگی‌ها	توصیفی/ کیفی تبدیل شده به فاصله‌ای	عضویت گروه
تحلیل تشخیص چندمتغیره	استفاده‌های قبلی	کمی	چندگانه	عضویت گروه/ ویژگی‌های گروه

فنون تصمیم‌گیری چندشاخصه در ارزیابی و اولویت پیمانکاران کاربرد بسیاری دارد (چای، لیو و ناگی، ۲۰۱۳). هو، ژو و دی (۲۰۱۰) عنوان می‌کنند که فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی پرکاربردترین ابزار در این حوزه است. نهانوندی و نوروزی (۱۳۹۰) از تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی و انتگرال فازی، لواری (۲۰۰۸) و لین (۲۰۱۰) همزمان از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل شبکه استفاده کرد. روش‌های دیگر فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند الکتره، پرومته و تاپسیس در ارزیابی و انتخاب پیمانکاران بسیار استفاده شده است (سوکلی، ۲۰۱۰؛ چن، وانگ و لو، ۲۰۱۱ب؛ فرضی‌پور صائن، ۲۰۱۰). امیری و جهانی (۱۳۹۰) از ترکیب تحلیل پوششی داده‌های فاصله‌ای و تحلیل سلسله‌مراتبی، لین، چنگ و تین (۲۰۱۱) از برنامه‌ریزی خطی و یو، گوه و لین (۲۰۱۲) از برنامه‌ریزی چندهدفه و لی و زابینسکی (۲۰۱۱) از برنامه‌ریزی تصادفی در این حوزه استفاده کردند. برخی محققان نیز از روش‌های هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک (گونری، ارتای و یوسل، ۲۰۱۱)، تئوری سیستم خاکستری (تزنگ، ۲۰۱۱)، شبکهٔ عصبی (لی و اویانگ، ۲۰۰۹)، شبکه‌های بیزین (فریرا و بورنشتین، ۲۰۱۲)، درخت تصمیم (گو، یوان و تیان، ۲۰۰۹)، الگوریتم مورچگان (تسای، یانگ و لین، ۲۰۱۰) استفاده کردند.

با اینکه استفاده از تابع زیان تاگوچی در حوزهٔ کیفیت کاربرد فراوانی دارد (شاهین، شهرستانی و باقری، ۱۳۹۳)، تحقیقات اندکی کاربرد آن را در ارزیابی پیمانکاران بررسی کرده‌اند. پی و لو (۲۰۰۴) از تابع زیان تاگوچی، و لیائو و کائو (۲۰۱۰) از ترکیب تابع زیان تاگوچی، تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل برنامه‌ریزی آرمانی در این حوزه استفاده کردند. تئوری فازی در ترکیب با دیگر فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند تحلیل سلسله‌مراتبی، تحلیل شبکه‌ای، تاپسیس، اکتره، پرومته و تحلیل پوششی داده‌ها، برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی چندهدفه برای ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران استفاده شده است (آزاده و عالم، ۲۰۱۰؛ چنگ تانگ و لین، ۲۰۱۱الف؛ باتاچاریا، گراقتی و یانگ، ۲۰۱۰؛ جدیدی، ذوالفقاری و کاوالیری، ۲۰۱۴؛ نصراللهی، ۱۳۹۴). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، مدل‌های مختلف در ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران به‌کار می‌رود. انتخاب روش مورد استفاده به عوامل زیادی از جمله ویژگی‌های پیمانکاران، هدف از ارزیابی، کاربرپسند بودن و انعطاف‌پذیری بستگی دارد (کومار دِی، باتاچاریا و هو، ۲۰۱۵). در واقع روش مناسب جهان‌شمولی وجود ندارد و در هر مورد متناسب با شرایط موضوع باید انتخاب شود.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر نوع جمع‌آوری اطلاعات میدانی است. شکل ۱ فرایند کلی تحقیق را نشان می‌دهد. در ادامه روش‌های تحلیل سلسله‌مراتب فازی و تابع زیان تاگوچی به‌منزلهٔ اصلی‌ترین روش‌های تحلیل داده‌ها تشریح می‌شود.



شکل ۱. مراحل تحقیق

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

مراحل تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، عبارت است از (چنگ، لی و تانگ، ۲۰۰۹):

۱. تشکیل ساختار سلسله‌ای و تشکیل ماتریس مقایسه‌ای زوجی؛

۲. محاسبهٔ اعداد فازی مثلثی: مجموعهٔ اعداد فازی مثلثی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطهٔ ۱) $$\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, \beta_{ij}, \delta_{ij})$$

که در آن $\tilde{a}_{ij}$ مجموعهٔ اعداد فازی مثلثی، α_{ij} کمترین، β_{ij} میانگین هندسی و δ_{ij} بیشترین مقدار معیار j برای معیار i است. در این میان نظر تمامی خبرگان تلفیق و به عدد فازی تبدیل شد.

۳. تشکیل ماتریس متقابل قطعی فازی: مجموعهٔ ماتریس برگرفته‌شده از مجموعهٔ فازی به شکل زیر درمی‌آید:

رابطهٔ ۲) $$A = [\tilde{a}_{ij}] \quad , \qquad \tilde{a}_{ij} = [a_{ij}, \beta_{ij}, \delta_{ij}]$$

۴. محاسبهٔ وزن فازی ماتریس متقابل قطعی فازی: با استفاده از رابطه‌های زیر میانگین هندسی متقابل قطعی اعداد فازی مثلثی (Z_i) و وزن فازی ($\overline{W}_i$) محاسبه می‌شود.

رابطهٔ ۳) $$Z_i = [\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \tilde{a}_{in}]^{1/n} , \forall_i$$

رابطهٔ ۴) $$\bar{W}_i = Z_i \otimes (Z_1 \otimes Z_2 \otimes \dots + Z_n)^{-1}$$

رابطهٔ ۵) $$\tilde{a}_1 \otimes \tilde{a}_2 \cong (a_1 \times a_2, \beta_1 \times \beta_2, \delta_1 \times \delta_2)$$

رابطهٔ ۶) $$\tilde{a}_1 \otimes \tilde{a}_2 \cong (a_1 + a_2,\ \beta_1 + \beta_2,\ \delta_1 + \delta_2)$$

رابطهٔ ۷) $$Z_1^{-1} = (\delta_1^{-1}, \beta_1^{-1}, a_1^{-1})$$

رابطهٔ ۸) $$\tilde{a}_1^{1/n} = \left\{a_1^{1/n}, \beta_1^{1/n}, \delta_1^{1/n}\right\}$$

۵. فازی‌زدایی: مقدار وزن قطعی W_i از طریق رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$W_i = \frac{W_{ai} + W_{\beta i} + W_{\delta i}}{3}$$ رابطهٔ ۹)

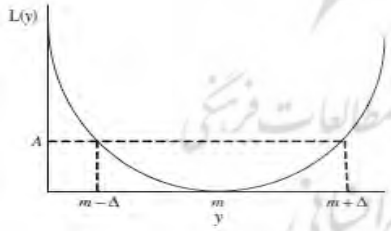
۶ بی‌مقیاس‌سازی: در این مرحله، وزن‌های قطعی از طریق رابطهٔ زیر بی‌مقیاس می‌شوند:

$$NW_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$ رابطهٔ ۱۰)

تابع زیان تاگوچی

براساس نظر تاگوچی، کیفیت به معنای حداقل کردن زیان وارد ناشی از عملکرد نامطلوب است. مقدار زیان با مجذور فاصله از مقدار هدف، افزایش می‌یابد (لیائو و کائو، ۲۰۱۰). تابع زیان تاگوچی به سه نوع اصلی طبقه‌بندی می‌شود: مشخصه‌هایی که هرچه به مقدار اسمی (میانه) نزدیک‌تر باشند، بهتر است؛ مشخصه‌هایی که هرچه کوچک‌تر باشند بهتر است؛ مشخصه‌هایی که هرچه بزرگ‌تر باشند بهتر است. در شکل ۲ انواع تابع زیان و در رابطه‌های ۱۱ تا ۱۶ روابط محاسبهٔ آنها نشان داده شده است. مقدار k شیب (ضریب زاویه) تابع زیان را تعیین می‌کند. A، میانگین زیان مربوط به کیفیت است؛ این مقدار هزینه‌های کیفیت نامشهود (پنهان) را برای یک محصول نشان می‌دهد. Δ، دامنهٔ انحراف خصوصیت از مقدار هدف را نشان می دهد. در آخرین گام برای رسیدن به امتیاز نهایی زیان، پس از ضرب وزن‌های به‌دست‌آمده برای هر شاخص، در مقدار زیان آن شاخص، مجموع زیان‌ها برای هر واحد محاسبه می‌شود (لیائو و کائو، ۲۰۱۰).

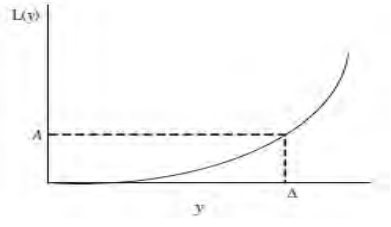
الف)



$$L(y) = k(y - m)^2$$ رابطهٔ ۱۱)

$$K = A_0/A_0^2$$ رابطهٔ ۱۲)

ب)

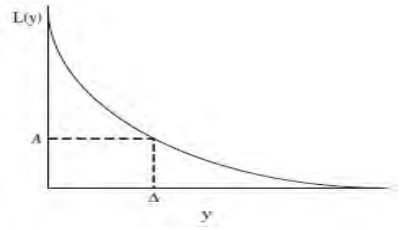


$$L(y) = ky^2$$ رابطهٔ ۱۳)

$$K = A_0/A_0^2$$ رابطهٔ ۱۴)

شکل ۲. تابع زیان بهترین در مقدار اسمی (الف) تابع زیان کمتر بهتر (ب) و زیان بیشتر بهتر (ج)

ج)



رابطهٔ ۱۵) $$L(y) = k/y^2$$

رابطهٔ ۱۶) $$K = A_0 \times A_0^2$$

ادامهٔ شکل ۲

یافته‌های پژوهش

با مطالعهٔ پیشینهٔ تحقیق، مجموعهٔ جامعی از معیارهای ارزیابی پیمانکاران که کاربرد بیشتری داشته‌اند، به شرح جدول ۲ به‌دست آمد.

جدول ۲. معیارهای ارزیابی پیمانکاران

کد معیار اصلی	معیار اصلی	کد زیرمعیار	زیرمعیار	منبع
D۱	تجهیزات	C۱	داشتن تجهیزات و ماشین‌آلات آماده به کار یا در دسترس و تعداد آ نها	زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۸۹)، گلبهارزاده و همکاران (۱۳۹۲)، دشتی و همکاران (۱۳۹۰)، ذاکری افشار و همکاران (۹۳)، بخشی و همکاران (۱۳۹۲)، دیانی و شیرویه‌زاد (۱۳۹۱)، جافری و شیرویه زاد (۱۳۹۱)، صحرایی و روغنیان (۱۳۹۲)، رفیعی سیاوشکلایی و امینی (۱۳۸۹)، خاکباز ابیانه و همکاران (۱۳۹۱)، میر هادی‌فرد (۱۳۸۴)، کاظمی آسیابر (۱۳۹۰)، خاوری نژاد(۱۳۹۱)، محقر و همکاران (۱۳۹۱)، پلبانکویچ (۲۰۰۹)، ارسلان و همکاران (۲۰۰۸)،
		C۲	نظام تعمیر و نگهداری	روانشادنیا و همکاران(۱۳۸۵)، دیانی و شیرویه زاد(۱۳۹۱)
		C۳	فناوری مناسب	صادقی و همکاران (۱۳۸۸)، برزین‌پور و نمازی‌فرد (۱۳۹۰)، اشتهاردیان (۱۳۸۲)، میر هادی‌فرد (۱۳۸۴)، عباس‌نیا و همکاران (۱۳۸۴)، رجایی و همکاران (۱۳۸۷)
D۲	توان فنی نیروی انسانی	C۴	کفایت تعداد نیروی انسانی متخصص	زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۸۹)، گلبهارزاده و همکاران (۱۳۹۲)، توکلی و کامرانی (۱۳۹۲)، روانشادنیا و همکاران (۱۳۸۵)، دیانی و شیرویه‌زاد(۱۳۹۱)، محقر و همکاران (۱۳۹۱)
		C۵	دانش و تجربهٔ کادر فنی و عناصر کلیدی	زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۸۹)، توکلی و کامرانی (۱۳۹۲)، روانشادنیا و همکاران (۱۳۸۵)، صحرایی و روغنیان (۱۳۹۲)، محقر و همکاران (۱۳۹۱)، ارسلان و همکاران (۲۰۰۸)
		C۶	قوهٔ خلاقیت و نوآوری کارکنان	دشتی و همکاران (۱۳۹۰)، صادقی و همکاران (۱۳۸۸)، رفیعی سیاوشکلایی و امینی (۱۳۸۹)، خاکباز ابیانه و همکاران (۱۳۹۱)، حیدری و همکاران (۱۳۸۷)

ادامهٔ جدول ۲

کد معیار اصلی	معیار اصلی	کد زیرمعیار	زیرمعیار	منبع
D۳	برنامهٔ زمان‌بندی و کنترل پروژه	C۷	ارائهٔ برنامهٔ زمان‌بندی برای اجرای پروژه	زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۸۹)، گلبهارزاده و همکاران (۱۳۹۲)، رضوان قهفرخی و همکاران (۱۳۸۵)، ذاکری افشار و همکاران (۹۳)، بخشی و همکاران (۱۳۹۲)، کاظمی آسیابر (۱۳۹۰)
		C۸	اجرای کار طبق برنامه‌ریزی و عدم تأخیر غیرمجاز	توکلی و کامرانی (۱۳۹۲)، رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، بخشی و همکاران (۱۳۹۲)، عباس نیا و همکاران (۱۳۸۴)، محقر و همکاران (۱۳۹۱)، ارسلان و همکاران (۲۰۰۸)
		C۹	نظام جامع برنامه‌ریزی پروژه	رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، کاظمی آسیابر (۱۳۹۰)، محقر و همکاران (۱۳۹۱)
D۴	نظام کیفی کار	C۱۰	پیشنهاد اجرایی برای بهبود کیفیت	رزمی و همکاران (۱۳۸۶)
		C۱۱	مستندات سیستم مدیریت کیفیت	رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، بخشی و همکاران (۱۳۹۲)، خدایی (۱۳۸۴)
		C۱۲	توان فنی واحد کنترل کیفیت	بخشی و همکاران (۱۳۹۲)
D۵	سیاست‌های مناسب منابع انسانی	C۱۳	نظارت بر انجام صحیح کار	توکلی و کامرانی (۱۳۹۲)
		C۱۴	پرداخت به‌موقع حقوق و مزایا	توکلی و کامرانی(۱۳۹۲)، رزمی و همکاران (۱۳۸۶)
		C۱۵	آموزش تخصصی کارکنان	توکلی و کامرانی (۱۳۹۲)، محقر و همکاران (۱۳۹۱)، ارسلان و همکاران (۲۰۰۸)
D۶	گواهی‌نامه‌ها	C۱۶	گواهینامهٔ صلاحیت پیمانکاری	زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۸۹)، گلبهارزاده و همکاران (۱۳۹۲)، توکلی و کامرانی (۱۳۹۲)، رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، زارعی و جوانمرد (۱۳۹۲)، دیانی و شیرویه زاد (۱۳۹۱)، صحرایی و روغنیان (۱۳۹۲)، رفیعی سیاوشکلایی و امینی (۱۳۸۹)، عباس‌نیا و همکاران (۱۳۸۴)، آیین‌نامهٔ شرکت توزیع برق استان فارس
		C۱۷	رتبهٔ شرکت	زارعی و جوانمرد (۱۳۹۲)، دیانی و شیرویه‌زاد (۱۳۹۱)، صحرایی و روغنیان (۱۳۹۲)، رفیعی سیاوشکلایی و امینی (۱۳۸۹)،

ادامهٔ جدول ۲

کد معیار اصلی	معیار اصلی	کد زیرمعیار	زیرمعیار	منبع
D۷	ایمنی و استاندارد	C۱۸	تعداد حوادث و اتفاقات گذشته	روانشادنیا و همکاران (۱۳۸۵)، رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، بخشی و همکاران (۱۳۹۲)، میر هادی‌فرد (۱۳۸۴)، شکیبا زاهد (۱۳۹۱)، محقر و همکاران (۱۳۹۱)، ارسلان و همکاران (۲۰۰۸)،
		C۱۹	نظام رعایت ایمنی	روانشادنیا و همکاران (۱۳۸۵)، میر هادی‌فرد (۱۳۸۴)
		C۲۰	رعایت استانداردهای زیست‌محیطی	روانشادنیا و همکاران (۱۳۸۵)، میر هادی‌فرد (۱۳۸۴)
D۸	عوامل مربوط به کارفرما	C۲۱	پاسخگویی و انعطاف‌پذیری	گلبهارزاده و همکاران (۱۳۹۲)، زارعی و جوانمرد (۱۳۹۲)، صحرایی و روغنیان (۱۳۹۲)
		C۲۲	استقرار الزامات مورد نیاز کارفرما	صادقی و همکاران (۱۳۸۸)
		C۲۳	انعطاف‌پذیری	زارعی و جوانمرد (۱۳۹۲)، میر هادی‌فرد (۱۳۸۴)
		C۲۴	ارائهٔ خدمات در دورهٔ گارانتی	صادقی و همکاران (۱۳۸۸)، زارعی و جوانمرد (۱۳۹۲)، خاکباز ابیانه و همکاران (۱۳۹۱)

وزن‌دهی به معیارها با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتب فازی

همان‌گونه‌که گفتیم برای تعیین اوزان معیارها و زیرمعیارها از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده است. پس از تکمیل پانزده پرسشنامه توسط خبرگان شرکت توزیع برق استان فارس و جمع‌آوری داده‌ها، پس از تبدیل اعداد مطلق به اعداد فازی مثلثی تلفیق نظرها دستیابی به نظری واحد مطابق جدول ۳، نتایج مقایسه های زوجی معیارهای اصلی تجزیه‌وتحلیل شد. در تلفیق نظرها، مجموعه اعداد فازی مثلثی شکل می‌گیرد. مطابق رابطهٔ ۱ در مقایسهٔ هر معیار j برای معیار i، کمترین مقدار امتیاز به‌عنوان عدد اول، میانگین هندسی نظرهای به‌عنوان عدد دوم و حداکثر امتیاز به‌عنوان عدد سوم قرار داده می‌شود.

به‌منظور وزن‌دهی و رتبه‌بندی زیرمعیارها نیز پس از تبدیل اعداد مطلق به اعداد فازی مثلثی، به تلفیق نظرها و دستیابی به نظری واحد اقدام شد. وزن زیرمعیارها همانند وزن معیارها محاسبه شد که برای جلوگیری از تطویل بی‌مورد جزییات آن بیان نشده است. وزن‌دهی و رتبه‌بندی زیرمعیارها نیز صورت گرفت که نتیجه در جدول ۴ نشان داده شده است.

در تحلیل سلسله‌مراتبی برای اطمینان از صحت قضاوت‌ها از شاخص نرخ سازگاری استفاده می‌شود. نرخ سازگاری کمتر از ۱۰ درصد قابل قبول است. در این تحقیق ۹ ماتریس تصمیم وجود داشت (یک ماتریس تصمیم برای ابعاد و ۸ ماتریس تصمیم برای شاخص‌های هر بعد) که نرخ ناسازگاری آنها به‌ترتیب عبارت‌اند از ۰/۰۱، ۰/۰۸، ۰/۰۲، ۰/۰۰، ۰/۰۳، ۰/۰۴، ۰/۰۰، ۰/۰۱، ۰/۰۲.

جدول ۳. تلفیق نظر خبرگان در معیارهای اصلی

	D_1			D_2			D_3			D_4		
D۱	۱	۱	۱	۰/۱۴	۰/۵۶	۵	۰/۱۴	۱/۶۶	۶	۰/۱۷	۱/۰۱	۸
D۲	۰/۲	۱/۸	۷	۱	۱	۱	۰/۲۵	۲/۳۴	۶	۰/۲۵	۱/۷۴	۶
D۳	۰/۱۷	۰/۵۴	۷	۰/۱۷	۰/۴۲	۴	۱	۱	۱	۰/۱۴	۰/۶۱	۵
D۴	۰/۱۲	۰/۹۹	۶	۰/۱۷	۰/۵۷	۴	۰/۲	۱/۸۸	۷	۱	۱	۱
D۵	۰/۱۱	۰/۶۷	۴	۰/۱۱	۰/۵۲	۶	۰/۱۱	۰/۶۹	۶	۰/۱۳	۱/۷۲	۸
D۶	۰/۱۱	۰/۲۴	۲	۰/۱۱	۰/۲	۲	۰/۱۱	۰/۳۲	۳	۰/۱۱	۰/۳۳	۵
D۷	۰/۱۷	۱/۷	۹	۰/۱۴	۰/۹۵	۹	۰/۲۵	۲/۵۹	۹	۰/۲۵	۲/۲۴	۹
D۸	۰/۱۷	۰/۸۵	۵	۰/۱۳	۰/۵	۳	۰/۱۳	۱/۰۳	۵	۰/۱۴	۰/۸۸	۵
	D_5			D_6			D_7			D_8		
D۱	۰/۲۵	۱/۴۹	۹	۰/۵	۴/۱۳	۹	۰/۱۱	۰/۶۴	۶	۰/۲	۱/۲	۶
D۲	۰/۱۷	۱/۹۳	۹	۰/۵	۴/۹۶	۹	۰/۱۱	۰/۹۷	۷	۰/۳۳	۲	۸
D۳	۰/۱۷	۱/۵۷	۹	۰/۳۳	۳/۲۷	۹	۰/۱۱	۰/۴۴	۴	۰/۲	۱	۸
D۴	۰/۱۳	۱/۳۹	۸	۰/۲	۳/۳۶	۹	۰/۱۱	۰/۴۸	۴	۰/۲	۱/۱	۸
D۵	۱	۱	۱	۱	۲/۹۵	۹	۰/۱۱	۰/۳۸	۶	۰/۱۴	۰/۸	۶
D۶	۰/۱۱	۰/۳۴	۱	۱	۱	۱	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۵	۰/۱۳	۰/۳	۴
D۷	۰/۱۷	۲/۸۳	۹	۲	۴/۷	۹	۱	۱	۱	۰/۲۵	۲/۹	۹
D۸	۰/۱۷	۱/۲۷	۷	۰/۲۵	۳/۵۵	۸	۰/۱۱	۰/۳۷	۴	۱	۱	۱

جدول ٤. وزن فازی معیارهای اصلی و زیرمعیارها با روش تحلیل سلسله‌مراتب فازی

معیار اصلی	وزن	زیرمعیار	وزن	معیار اصلی	وزن	زیرمعیار	وزن
D۱	۰/۱۳۸	C۱	۰/۳۸	D۵	۰/۱۲۶	C۱۳	۰/۳۱
		C۲	۰/۲۹			C۱۴	۰/۳۴
		C۳	۰/۳۲			C۱۵	۰/۳۵
D۲	۰/۱۵۰	C۴	۰/۳۶	D۶	۰/۰۴۶	C۱۶	۰/۴۵
		C۵	۰/۴۲			C۱۷	۰/۵۵
		C۶	۰/۲۲	D۷	۰/۱۷۹	C۱۸	۰/۴۵
D۳	۰/۱۲۶	C۷	۰/۳			C۱۹	۰/۴۱
		C۸	۰/۳۷			C۲۰	۰/۱۴
		C۹	۰/۳۳	D۸	۰/۱۰۶	C۲۱	۰/۲۴
D۴	۰/۱۲۸	C۱۰	۰/۳۴			C۲۲	۰/۲۷
		C۱۱	۰/۲۶			C۲۳	۰/۲۶
		C۱۲	۰/۳۹			C۲۴	۰/۲۲

ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران با استفاده از تابع زیان تاگوچی

برای استفاده از تابع زیان تاگوچی در رتبه‌بندی پیمانکاران باید مقدار مطلوب و حد آستانه برای هر یک از زیرمعیارها مشخص شود. حد آستانه مقداری است که شرکت به ازای مقدار مشخصی انحراف از مقدار مطلوب مربوط به هر زیرمعیار از پیمانکاران می‌پذیرد. در جدول ۵ مقدار مطلوب و حد آستانه مشاهده می‌شود. حد آستانه با نظر خبرگان شرکت تعیین شده است. شاخص‌های بااهمیت‌تر از حد آستانهٔ بیشتری نیز برخوردار شدند تا در ارزیابی پیمانکاران نقش بیشتری داشته باشند.

جدول ۵. متغیرهای تصمیم در ارزیابی پیمانکاران

معیار	نوع معیار	مقدار مطلوب	حد آستانه	دلتا	k	معیار	نوع معیار	مقدار مطلوب	حد آستانه	دلتا	k
S۱	بیشتر بهتر	۵	۳/۵	۱/۵	۲۲۵	S۱۳	بیشتر بهتر	۵	۳/۵	۱/۵	۲۲۵
S۲	بیشتر بهتر	۵	۳	۲	۴۰۰	S۱۴	بیشتر بهتر	۵	۳	۲	۴۰۰
S۳	بیشتر بهتر	۵	۳	۲	۴۰۰	S۱۵	بیشتر بهتر	۵	۳	۲	۴۰۰
S۴	بیشتر بهتر	۵	۳/۵	۱/۵	۲۲۵	S۱۶	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵
S۵	بیشتر بهتر	۵	۳/۵	۱/۵	۲۲۵	S۱۷	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵
S۶	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵	S۱۸	کمتر بهتر	۱	۲/۵	۱/۵	۴۴/۴
S۷	بیشتر بهتر	۵	۳	۲	۴۰۰	S۱۹	بیشتر بهتر	۵	۳/۵	۱/۵	۲۲۵
S۸	بیشتر بهتر	۵	۳/۵	۱/۵	۲۲۵	S۲۰	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵
S۹	بیشتر بهتر	۵	۳	۲	۴۰۰	S۲۱	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵
S۱۰	بیشتر بهتر	۵	۳	۲	۴۰۰	S۲۲	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵
S۱۱	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵	S۲۳	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵
S۱۲	بیشتر بهتر	۵	۳/۵	۱/۵	۲۲۵	S۲۴	بیشتر بهتر	۵	۲/۵	۲/۵	۶۲۵

داده‌های مربوط به پیمانکاران در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

جدول ٦. داده‌های مربوط به پیمانکاران

	S۱	S۲	S۳	S٤	S٥	S٦	S۷	S۸	...	S۱۹	S۲۰	S۲۱	S۲۲	S۲۳	S۲٤
A۱	۴	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۳	...	۳	۳	۴	۴	۴	۳
A۲	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۴	...	۳	۳	۳	۳	۴	۳
A۳	۴	۳	۳	۲	۳	۲	۳	۳	...	۲	۲	۳	۲	۳	۳
A۴	۴	۴	۴	۵	۵	۴	۴	۴	...	۲	۲	۲	۴	۴	۴
A۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳	۳	...	۴	۴	۳	۳	۳	۴
A۶	۴	۴	۴	۴	۴	۳	۴	۳	...	۳	۳	۴	۳	۴	۳
A۷	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۳	۳	...	۳	۳	۳	۳	۳	۳
A۸	۴	۳	۴	۴	۴	۴	۲	۲	...	۴	۲	۲	۲	۲	۲
A۹	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	...	۲	۲	۳	۳	۲	۲
A۱۰	1	۱	۳	۳	۵	۴	۳	۳	...	۴	۴	۵	۵	۵	۵
A۱۱	۲	۲	۲	۳	۴	۳	۴	۳	...	۲	۱	۴	۴	۴	۴
A۱۲	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۳	...	۲	۲	۲	۳	۳	۳
A۱۳	۵	۴	۴	۲	۴	۳	۴	۲	...	۳	۳	۳	۳	۲	۴
A۱۴	۳	۳	۳	۳	۴	۳	۳	۳	...	۴	۳	۳	۳	۳	۳
A۱۵	۳	۳	۳	۴	۳	۲	۳	۳	...	۲	۲	۴	۳	۳	۴
A۱۶	۴	۳	۳	۳	۴	۴	۳	۳	...	۴	۴	۵	۴	۴	۴
A۱۷	۳	۴	۳	۳	۴	۳	۳	۴	...	۳	۱	۴	۴	۴	۴
A۱۸	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۳	۳	...	۳	۴	۴	۳	۳	۳
A۱۹	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳	۳	...	۴	۴	۴	۴	۴	۴
A۲۰	۴	۳	۳	۴	۴	۳	۴	۳	...	۳	۴	۵	۴	۳	۳

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

هر یک از اعداد در جدول ۵ نشان‌دهندهٔ عملکرد پیمانکاران در معیار مربوط براساس طیف لیکرت تنظیم شده است. برای محاسبهٔ L(y) که همان امتیاز زیان است، ابتدا باید شاخص K را حساب کرد. از رابطهٔ ۱۱ تا ۱۶ برای محاسبات استفاده می‌شود. در این رابطه میزان زیان A_0 باید متناسب با هر معیار، تعیین شود. برای ایجاد همگونی بین معیارها، حداکثر میزان زیان برابر با ۱۰۰ (به‌عنوان ۱۰۰ درصد) در نظر گرفته می‌شود.

مقدار K و L(y) برای معیار داشتن تجهیزات و ماشین‌آلات (از نوع بیشتر بهتر):

$K = ۱۰۰\times(۱/۵)^{۲}=۲۲۵$ $\qquad$ $L(y) = ۲۲۵/(۴)^{۲}=۱۴/۰۶$

مقدار K و L(y) برای معیار تعداد حوادث و اتفاقات در پروژه‌های گذشته (از نوع کمتر بهتر):

$K = ۱۰۰\times(۱/۵)^{۲}= ۴۴/۴$ $\qquad$ $L(y) = ۴۴/۴ \times (۱)^{۲}= ۴۴/۴$

این روند برای تمام معیارهای همهٔ پیمانکاران انجام می‌گیرد. امتیاز نهایی زیان، از ضرب وزن‌های هر معیار در مقدار زیان برای هر پیمانکار به‌دست می‌آید. در بین گزینه‌ها، پیمانکاری که کمترین مقدار را به خود اختصاص داده باشد، از نظر رتبه‌بندی در بالاترین جایگاه قرار دارد. جدول ۷ امتیاز نهایی زیان پیمانکاران و رتبه‌بندی آنها و جدول ۸ زیان پیمانکاران در معیارها را نشان می‌دهد. همان‌گونه‌که مشاهده می‌شود پیمانکار ۵ (خدمات مهندسی عصر اندیشه) بهترین پیمانکار با زیان ۲۹/۲۰ و سپس پیمانکار ۱۹ (ابتکارسازان صنعت فسا) با زیان ۳۰/۰۴ است.

جدول ۷. امتیاز نهایی زیان پیمانکاران و رتبه‌بندی آنها

پیمانکار	امتیاز نهایی زیان	پیمانکار	امتیاز نهایی زیان	پیمانکار	امتیاز نهایی زیان
A۵	۲۹/۲۰	A۷	۴۱/۴۵	A۱۷	۶۷/۳۸
A۱۹	۳۰/۰۴	A۶	۴۳/۶۴	A۱۱	۶۹/۱۴
A۱۶	۳۱/۵۳	A۱۳	۴۵/۶۷	A۴	۷۴/۹۳
A۲۰	۳۵/۳۳	A۱۵	۴۸/۳۵	A۹	۷۶/۱۲
A۱	۳۵/۵۵	A۱۸	۵۲/۳۵	A۸	۹۲/۶۴
A۲	۳۶/۲۸	A۱۰	۵۹/۹۴	A۳	۹۸/۱۵
A۱۴	۳۹/۱۵	A۱۲	۶۳/۵۶	A۱۱	۶۹/۱۴

جدول ۸. زیان پیمانکاران در معیارها

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
A1	۱۴/۰۶	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۴۴/۴۴	۲۵	۳۹/۰۶	۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۲۵	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۶۹/۴۴	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴
A2	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۲۵	۳۹/۰۶	۲۵	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۳۹/۰۶	۱۴/۰۶	۱۴/۰۶	۲۵	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴
A3	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۵۶	۲۵	۱۲۶/۲۵	۴۴/۴۴	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۶/۲۵	۶۵/۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۱۰۰	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۴۰۰	۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۶۹/۴۴	۱۵۶/۲۵	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴
A4	۱۴/۰۶	۲۵	۲۵	۹	۹	۳۹/۰۶	۲۵	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۱۴/۰۶	۱۴/۰۶	۱۰۰	۴۴/۴۴	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۴۰۰	۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶
A5	۱۴/۰۶	۲۵	۲۵	۱۴/۰۶	۱۴/۰۶	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۲۵	۲۵	۳۹/۰۶	۹	۱۴/۰۶	۲۵	۲۵	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۱۴/۰۶	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۳۹/۰۶
A6	۱۴/۰۶	۲۵	۲۵	۱۴/۰۶	۱۴/۰۶	۶۹/۴۴	۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۱۴/۰۶	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۳۹/۰۶		۱۷۷/۷۸	۲۵	۶۹/۴۴	۳۰/۰۶	۶۹/۴۴	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴
A7	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۲۵	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۴۴/۴۴	۲۵	۳۹/۰۶	۲۵	۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۱۵۶/۲۵	۴۴/۴۴	۲۵	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴
A8	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۱۴/۰۶	۱۴/۰۶	۳۹/۰۶	۱۰۰	۶۵/۲۵	۱۰۰	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۲۵	۱۴/۰۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۴۰۰	۱۴/۰۶	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵
A9	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۲۵	۶۹/۴۴	۱۰۰	۶۵/۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۶/۲۵	۶۵/۲۵	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۱۵۶/۲۵	۶۹/۴۴	۱۷۷/۷۸	۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵
A10	۲۲۵	۴۰۰	۴۴/۴۴	۲۵	۹	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۱۰۰	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۱۴/۰۶	۱۴/۰۶	۲۵	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۱۴/۰۶	۳۹/۰۶	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
A11	۲۶/۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۲۵	۱۴/۰۶	۶۹/۴۴	۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۱۰۰	۱۵۶/۲۵	۶۵/۲۵	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۱۰۰	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۵۶/۲۵	۶۲۵	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶
A12	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۲۵	۱۵۶/۲۵	۱۰۰	۲۵	۱۰۰	۴۴/۴۴	۱۵۶/۲۵	۶۵/۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۱۵۶/۲۵	۴۴/۴۴	۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴
A13	۹	۲۵	۲۵	۶۵/۲۵	۱۴/۰۶	۶۹/۴۴	۲۵	۶۵/۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۶۵/۲۵	۲۵	۲۵	۱۰۰	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۱۵۶/۲۵	۳۰/۰۶
A14	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۱۴/۰۶	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۴۴/۴۴	۲۵	۶۹/۴۴	۲۵	۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۱۴/۰۶	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴
A15	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۱۴/۰۶	۶۹/۴۴	۱۰۰	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۱۵۶/۲۵	۲۵	۱۴/۰۶	۲۵	۴۴/۴۴	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۳۹/۰۶
A16	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۱۴/۰۶	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۲۵	۲۵	۳۹/۰۶	۱۴/۰۶	۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۱۴/۰۶	۳۹/۰۶	۲۵	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶
A17	۲۵	۲۵	۴۴/۴۴	۲۵	۱۴/۰۶	۶۹/۴۴	۴۴/۴۴	۱۴/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۱۵۶/۲۵	۵۶/۲۵	۱۴/۰۶	۱۰۰	۴۴/۴۴	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴	۱۷۷/۷۸	۲۵	۶۲۵	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶
A18	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۲۵	۲۵	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۶۹/۴۴	۲۵	۱۴/۰۶	۲۵	۲۵	۶۹/۴۴	۶۲۵	۴۴/۴۴	۲۵	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴	۶۹/۴۴
A19	۱۴/۰۶	۲۵	۲۵	۱۴/۰۶	۱۴/۰۶	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۲۵	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۳۹/۰۶	۲۵	۱۴/۰۶	۲۵	۴۴/۴۴	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۴۴/۴۴	۱۴/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶	۳۹/۰۶

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برای ارزیابی پیمانکاران هم به معیارهایی متنوع با وزن‌های مختلف باید توجه داشت و هم پیمانکاران به‌گونه‌ای ارزیابی شوند که انحراف با ایده‌آل‌های سازمان مشخص شود. اگر عملکرد پیمانکاران کیفیت لازم را نداشته باشد، اجرای فعالیت‌ها از لحاظ زمانی طولانی‌تر و پرهزینه‌تر می‌شود و در نهایت موجب تحمیل زیان به شرکت خواهد شد. در ارزیابی پیمانکاران به روشی نیاز است که بتوان میزان زیان ناشی از عملکرد پیمانکاران را محاسبه کرد تا براساس آن برنامه-ریزی دقیق و کارامدی برای جلوگیری از اتلاف منابع و انجام باکیفیت فعالیت‌های واگذارشده صورت پذیرد. برای تعیین میزان زیان ناشی از اقدامات ناصحیح پیمانکاران می‌توان از تابع زیان تاگوچی استفاده کرد. در این مقاله با ترکیب مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در فضای فازی و ترکیب آن با مدل تابع زیان تاگوچی مدلی برای ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران ارائه شد. مزیت این روش در مقایسه با سایر روش‌ها در این است که کاربرپسند است، به‌گونه‌ای که به‌راحتی می‌توان میزان زیان ناشی از هر پیمانکار محاسبه کرد، انعطاف‌پذیری لازم برای استفاده از شاخص‌های مختلف با وزن‌های مختلف را دارد، کاربرد آن زمانی مشخص می‌شود که در پروژه‌های اجرایی مهم است نقش پیمانکاران در ضرر و زیان مشخص شود.

در این تحقیق ترکیبی از روش‌های مورد استفادهٔ پی و لو (۲۰۰۴) و لیائو و کائو (۲۰۱۰) به‌کار گرفته شد. اما بر خلاف روش‌های مذکور که از چهار شاخص فقط در ارزیابی پیمانکاران استفاده کرده‌اند، در این تحقیق از ۲۴ معیار که از منابع مختلف گردآوری شده است، استفاده شد. همچنین بر خلاف آن تحقیقات تحلیل‌ها در فضای فازی و با استفاده از شاخص‌های کیفی صورت پذیرفته است. براساس نتایج این تحقیق بعد ایمنی و استانداردها مهم‌ترین بعد تشخیص داده شده که در دیگر تحقیقات کمتر دیده شده است. محدودیت اصلی تحقیق نبود پایگاه داده در شرکت به‌منظور دسترسی به اطلاعات کمی پیمانکاران بود. برای رفع این محدودیت از اطلاعات کیفی و نظرهای خبرگان در ارزیابی‌ها استفاده شد و روش تابع زیان تاگوچی برای اجرا در محیط کیفی سفارشی‌سازی شد. استفاده از تابع زیان تاگوچی در فضای کیفی به تحقیقات بیشتری نیاز دارد که می‌تواند افق‌های جدیدی را در تحقیقات آینده در این حوزه باز کند. موضوع دیگر برای ادامهٔ تحقیق حاضر استفاده از روش‌های دیگر برای تعیین وزن شاخص‌هاست.

References

Ahari, R. & Niaki, S.T.A. (2014). Contractor Selection in Gas Well-drilling Projects with Quality Evaluation Using Neuro-fuzzy Networks. 2014 *International Conference on Future Information Engineering*, 274-279.

Amiri, M. & Jahani, S. (2011). Application of IDEA/AHP for Supplier evaluation and Selection, *Industrial Management Journal of Tehran University*, 2(5): 5-22. (*in Persian*)

Arsalan, G., Kivark, S., Birgonul, M.T. & Dikmen, I. (2008). Improving sub-contractor selection process in construction projects: Web-based sub-contractor evaluation system (WEBSES). *Automation in Construction*, 17(4): 480-488.

Azadeh, A. & Alem, S.M. (2010). A flexible deterministic, stochastic and fuzzy Data Envelopment Analysis approach for supply chain risk and vendor selection problem: Simulation analysis. *Expert Systems with Applications*, 37: 7438–7448.

Bakhshi, M., Hosseinalipour, M. & Attayiyazd, M. (2014). *Weighting Categories of criteria for selecting a new contractor using fuzzy hierarchical analysis, the National Congress building and evaluating development projects*, Gorgan, Golestan Province Engineering Organization. (*in Persian*)

Barzinpour, F. & Namazifard, S. (2011). *Identification and Prioritizing the Indexes of Contractor Selection in Project-based Organizations with Balanced Scorecard*. 2nd International Conference on Strategic Management of Projects. Tehran: Sharif University of Technology, Shahid Rezaei Research Center. (*in Persian*)

Bhattacharya, A., Geraghty, J. & Young, P. (2010). Supplier Selection Paradigm: An Integrated Hierarchical QFD Methodology Under Multiple-criteria Environment, *Applied Soft Computing*, 10 (4): 1013–1027.

Chai, J., Liu, J.N.K., Ngai, E.W.T. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: a systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, 40 (10): 3872–3885.

Chen, T.Y., Wang, H.P., Lu, Y. Y. (2011a). A multicriteria group decision-making approach based on interval-valued intuitionist fuzzy sets: a comparative perspective. *Expert Systems with Applications*, 38 (6): 7647–7658.

Cheng, H. J., Lee, M. CH. & Tang H.CH. (2009). An Application of Fuzzy Delphi and Fuzzy AHP on Evaluating Wafer Supplier in Semiconductor Industry. *Wseas transactions on information science and applications*, 6: 756- 767.

Dani, M. & Shiroyezad, H. (2012). *Evaluate and select the best contractor in the Department of Municipal Development of the method of AHP*, First National Conference on Industrial Engineering and Systems, Najaf Abad, Islamic Azad University of Najaf Abad, Department of Industrial Engineering. (*in Persian*)

Dashti, M., Mirani, M. & Karimoyan, M. (2011). *Evaluation and selection of contractors, construction projects using the FMADM algorithm*, National Congress of structures, road, architecture, Chaloos, Islamic Azad University Chaloos Branch. (*in Persian*)

Dey P.K., Bhattacharya, A. & Ho, W. (2015). *Strategic supplier performance evaluation: A case-based action research of a UK manufacturing organization, International Journal of Production Economics*, 166: 192-214.

Eshtehardian, E. (2003). *Evaluation of Pre-qualification Indexes and Superior Contractor Selection in Tenders*. M.Sc. Thesis, Iran University of Science and Industry. (*in Persian*)

Farzinpoor Saen, R. (2010). Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51 (9–12): 1243–1250.

Ferreira, L. & Borenstein, D. (2012). A fuzzy-Bayesian model for supplier selection, *Expert Systems with Applications*, 39 (9): 7434–7844.

Golbaharzadeh, M., Mahdavi Adeli, M., Khezrlou, M., & Golbaharzadeh, M. (2013). Ranking Constructional Contractors according to a Proposed Fuzzy Multi-criteria Decision-making Model (Case Study: in a Steel Manufacturing Co.). *6th Cross-regional Conference on Modern Developments in Engineering Sciences.* Tonekabon: Ayandehan Higher Education Institute. (*in Persian*)

Guneri, A.F., Ertay, T. & Yücel, A., (2011). An approach based on ANFIS input selection and modeling for supplier selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38 (12): 14907–14917.

Heidari, A. & Heidari, M. (2008). Contractors Selection by AHP. *National Conference on Value Engineering in the Construction Industry*, Tehran: Ghalamchi Institute of Management Services and Development Technology. (*in Persian*)

Ho, W., Xu, X. & Dey, P.K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 202 (1): 16–24.

Jadidi, O., Zolfaghari, S. & Cavalieri, S. (2014). A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection and order allocation. *International Journal of Production Economics*, 148: 158–165.

Kazemi Asiabar, M. (2011). Ranking and Optimal Contractor Selection by AHP-VIKOR Hybrid Technique in Fuzzy Environment; Case Study: Mazandaran Province Industrial Suburbs Co. M.Sc. Thesis. Qazvin Imam Khomeini International University (*in Persian*).

Khakbaz Abiyaneh, A., Sajadi, M. & Zamani Sadeh, M. (2012). Provide a model for the selection of subcontractors in the oil industry standards approach is the balanced scorecard and analytic hierarchy. *The third National Conference of Industrial and Systems Engineering, Tehran,* Islamic Azad University, Tehran South. (*in Persian*)

Khavari Nejad, M. M. (2012). *Evaluating Pre-qualification Indexes for Selection of Class-one Suitable Buildings Contractor in Tenders by Fuzzy AHP*. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch. (*in Persian*)

Khodaei, F. (2005). *Select the preferred contractor in a tender on construction case study in Horizon Consulting Engineers*. Master's Thesis. Islamic Azad University Central Tehran Branch. (*in Persian*)

Lee, C.C., Ouyang, C. (2009). A neural networks approach for forecasting the supplier's bid prices in supplier selection negotiation process. *Expert Systems with Applications*, 36 (2): 2961–2970.

Levary, R.R. (2008). Using the analytic hierarchy process to rank foreign suppliers based on supply risks. *Computers & Industrial Engineering*, 55 (2): 535–542.

Li, L. & Zabinsky, Z.B. (2011). Incorporating uncertainty into a supplier selection problem. *International Journal of Production Economics*, 134 (2): 344–356.

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.

Liao, Ch. N. & Kao, H.P. (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming, *Computers & Industrial Engineering*, 58: 571-57.

Lin, C.T., Chen, C.B. & Ting, Y.C. (2011). An ERP model for supplier selection in electronics industry, *Expert Syst. Appl*. 38 (3): 1760–1765.

Lin, H. T. (2010). Personnel selection using analytic network process and fuzzy data envelopment analysis approaches, *Computers & Industrial Engineering*, 59: 937–944.

Mirhadifard, M. (2005). *Designing the Model for Selection of Construction and Installation Contractors in Petrochemical, Petroleum, and Gas Projects*. M.Sc. Thesis. Sharif University of Petroleum (*in Persian*).

Mohaghar, A., Kashi, K., & Salami, H. (2012). Industrial Management Publication. *Fourth Year*, 8: 85-108. (*in Persian*)

Nahanvandi, N. & Noruzi, A. (2011). Evaluation of contractors using Fuzzy multi–criteria dependent and independent relations. *Journal of Transportation*, 3: 303-321. (*in Persian*)

Nasrollahi, M. (2015). Evaluating and ranking construction projects contractors using F-PROMETHEE (A Case Study of Mehr Housing Project of Hashtgerd New Town). *Industrial Management Journal of Tehran University*, 7(1):175-188. (*in Persian*)

Pi, W.N. & Low, Ch. (2005). Supplier evaluation and selection using Taguchi loss functions, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26(1): 155-160.

Plebankiewicz, E. (2009). Contractor prequalification model using fuzzy sets, *Journal of Civil Engineering and Management*, 15(4): 377-385.

Rafiei Siavashkolayi, M. & Ammini, B. (2010). *Identify and prioritize effective indicators in the evaluation and selection of contractors, Twenty-Fifth International Conference on Electricity*, Tehran, Tavanir company, Energy Research Institute. (*in Persian*)

Ravanshadnia, M., Hazrati, A. & Rajaei, H. (2007). Model for Contractor selection by SAW MADM. *3th International Conference on Project Management.* Tehran: Ariana Research Group. (*in Persian*)

Razmi, J., Hale, H. & Meshkinfam, S. (2007). *Evaluation and selection of construction contractors using fuzzy multicriteria methods 5th International Conference on Management.* Tehran: Ariana Research Group. (*in Persian*)

Sadeghi, H., Samanian, H., Moini, F., Yazdani, M. (2009). *A fuzzy integrated approach for ranking and selection of contractors in EPC projects, the first national conference of the project as EPC*, Tehran, Department of the contracting system. (*in Persian*)

Sahraei, F. & Roghanian, E. (2013). *Applying TOPSIS method for decision-making in a fuzzy environment for ranking contractors, National Iranian Gas Company Case Study:* Tehran Province Gas Company, Second National Conference on Industrial Engineering and Systems, Najaf Abad, Islamic Azad University of Najaf Abad, Department of Industrial Engineering. (*in Persian*)

Sevkli, M., (2010). An application of the fuzzy ELECTRE method for supplier selection, *International Journal of Production Research*, 48 (12): 3393–3405.

Shahin, A., Vaez shahrestani, H. & Bagheri Iraj, E. (2014). Proposing an integrated approach of Kano Model and Taguchi Design of Experiments, *Industrial Management Journal of Tehran University*, 6(2): 317-336. (*in Persian*)

Shakiba Zahed, H. (2012). *The Proposed Method of Transfer the Project to the Most Suitable Contractor by Using Risk Analysis*. M.Sc. Thesis. Sharif University of Technology (*in Persian*).

Singh, D. & Tiong, R.L.K. (2005). A fuzzy decision framework for contractor selection, *Construction Engineering and Management*, 131: 62-70.

Tang, Y.C. & Lin, T. W. (2011). Application of the fuzzy analytic hierarchy process to the lead-free equipment selection decision. *Business and Systems Research*, 5(1): 35-55

Tavakoli, A. & Kamrani, M. (2011). *Prioritizing the Indexes of Contractor Selection in Power Plants according to AHP*. *6th Conference on Power Plants*, Tehran: Tarasht Power Plant. (*in Persian*)

Tseng, M., (2011). Green supply chain management with linguistic preferences and incomplete information, *Appl. Soft Comput*. J. 11 (8): 4894–4903.

Yu, M., Goh, M., & Lin, H. (2012). Fuzzy multi-objective vendor selection under lean procurement. *European Journal of Operational Research*, 219(2): 305–311.

Zakeri Afshar, A. Moeini Aghtaei, M. & Zand Aghtaei, H.(2014). *Model for improving the evaluation of contractors in construction projects using the integration of the existing situation and AHP method*. First National Congress of engineering, fabrication and evaluation of development projects, Gorgan. (*in Persian*)

Zare Mehrjerdi, Y., Momeni, H., & Barghi, S. (2010). Contractors Evaluation and Selection Model in Petrochemical Projects; Decision Making Techniques Approach –Technique of Breda. *Business Administration Researches Publication*, 3: 33-59. (*in Persian*)