



به کارگیری رویکرد ترکیبی (FAHP-QUALIFLEX) برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان صنعت ابزارسازی؛

ص ۹۳-۱۰۸

مهدی اجلی^۱، محمد رحمانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۱

چکیده

انتخاب و ارزیابی صحیح در فرآیند مدیریت تأثیر به‌سزایی در بازدهی، کارایی، بهره‌وری و از همه مهم‌تر کیفیت عملیات دارد. عرضه‌کنندگان نیز به‌عنوان جزء بسیار مهم و لاینفک در مدیریت زنجیره تأمین مطرح می‌گردند و آن‌ها هستند که در واقع تأمین‌کنندگان عمده خدمات و تجهیزات موردنیاز سازمان‌ها می‌باشند. در هر زمینه از پروژه‌های مختلف، تعدادی از عرضه‌کنندگان وجود دارند که به‌صورت بالقوه دارای شرایط و توانایی‌های لازم جهت انجام پیمان می‌باشند. اما مسئله این است که کدام تأمین‌کننده باید انتخاب گردد که بیشترین کارایی را برای سازمان داشته باشد و برای سازمان مشکل‌آفرین نباشد؟ در واقع هدف اصلی این پژوهش رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان صنعت ابزارسازی با استفاده از رویکرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و کوالی‌فلکس (FAHP-QUALIFLEX) است. کوالی‌فلکس یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره عملی و مفید برتری داشتن برای رتبه‌بندی و انتخاب گزینه‌ها می‌باشد. تحقیقات اخیر نشان داده است که منطق ساده این روش موجب به‌کارگیری کامل اطلاعات در آنالیز تصمیم و رویه محاسباتی آسان آن شده است.

بدین منظور ابتدا بر اساس شاخص‌های عملکردی استاندارد صنعت ابزارسازی و با استفاده از رویکرد فرآیند سلسله‌مراتبی، وزن شاخص‌ها تعیین شده و سپس با به‌کارگیری تکنیک کوالی‌فلکس، تأمین‌کنندگان صنعت مذکور رتبه‌بندی می‌شوند.

واژگان کلیدی: تأمین‌کنندگان، رتبه‌بندی، رویکرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، تکنیک کوالی‌فلکس

۱ - دکترای تخصصی مدیریت صنعتی دانشگاه تهران

۲ - استادیار دانشگاه بوعلی‌سینا همدان

مقدمه و بیان مسئله

ابزارسازی بعد از صنایع مادر، یکی از صنایع اصلی و مهم صنعت هر کشوری بوده که با دریافت مواد اولیه و تبدیل آن به قطعات و محصولات قابل استفاده و یا به نوعی تولید الزامات اولیه جهت تبدیل شدن به یک محصول نهایی در صنایع دیگر، نقشی محوری و اصلی دارد. در صنعت ابزارسازی، نوع فعالیت، ماشین آلات و خط تولید مناسب محصول، از مواردی هستند که یک صنعتگر ابزارساز، با توجه به تجربه و علم روز دنیا می تواند آن ها را با ترتیبی منظم در کنار هم چیده و با توجه به سیاست اصلی آن صنعت که تولید کمی یا کیفی می باشد از این ترکیب استفاده نماید.

در این صنعت، فرآیند تعریف شده و قابل کنترل در تولید قطعات، خرید مواد اولیه مناسب و مرغوب از تأمین کنندگان، نگهداری محصول و توجه به بخش تحقیق و توسعه جهت دستیابی به کیفیت و رقابت با صنایع رقیب است. آنچه در این راستا بسیار مهم است، سرمایه انسانی مناسب، ماشین آلات و مواد اولیه باکیفیت و از همه مهم تر تأمین کنندگان قوی می باشد، به طوری که در صورت فقدان هر یک از موارد مذکور، زنجیره تأمین ملزومات در این صنعت ناقص گشته که در این صورت ابزارساز از شرایط رقابتی حاکم بر این صنعت بازمانده و بهر حال در یکی از ابعاد کمی یا کیفی یا قیمت تمام شده، توانایی رقابت با انبوه صنایع فعال در این زمینه را ندارد.

هدف اصلی از این پژوهش رتبه بندی تأمین کنندگان صنعت ابزارسازی بر اساس شاخص های عملکردی صنعت با استفاده از رویکرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تکنیک کوالی فلکس^۱ است.

تکنیک کوالی فلکس برای نخستین بار توسط پروفیسور پیلینک^۲ در سال ۱۹۷۶ معرفی شد و سپس در موسسه اقتصادی هلند در روتردام توسعه داده شد. این روش به عنوان یک تکنیک بنیادی برای تعداد زیادی از پروژه های تحقیقاتی زیر نظر موسسه اقتصادی هلند استفاده شده است، از قبیل: انتخاب مکان دومین فرودگاه بین المللی هلند، برنامه ریزی منطقه ای در اندونزی، مدیریت آب در مقیاس منطقه ای و بسیاری دیگر از مطالعات تحقیقاتی. نقطه شروع این تکنیک تعمیمی بود از روش جایگشت های (پرموتاسیون) ژاکوت لاگرانژ. این تکنیک مبتنی بر روش ترتیب لاگرانژ است که بر اساس ارزیابی تمام حالت های ممکن از رتبه بندی گزینه ها بهترین رتبه بندی را ارائه می دهد. ارزیابی در این روش به صورت رتبه ای صورت می گیرد و امتیازات در قالب اندیس های هماهنگ و ناهماهنگ داده می شود (پیلینک، ۱۹۷۸).

1. QUALIFLEX (Qualitative Flexible Multiple Criteria Method)

2. Paelinck

در تکنیک کوالی‌فلکس ابتدا باید با یکی از روش‌های وزن‌دهی، اوزان شاخص‌ها محاسبه شوند. در این پژوهش، از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای محاسبه وزن شاخص‌ها استفاده شده است.

صنایع ابزارسازی تولیدکننده انواع قطعات فلزی بوده که با استقرار سیستم‌های مدیریت کیفیت، ایمنی و بهداشت حرفه‌ای بر اساس استانداردهای ISO 9001:2008 و OHSAS 18001:2007 در راستای اهداف راهبردی خود با تفکر بهبود مداوم و اثربخش در عملکرد کیفی، ایمنی و بهداشت شغلی می‌کوشد. در حال حاضر این صنعت با داشتن نیروی انسانی کارآمد و کارگاه‌های مجهز و پیشرفته و نیز فرآیندهای مختلف تولیدی از جمله ماشین‌کاری، عملیات حرارتی، فورج، ریخته‌گری، قالب‌سازی و ... یکی از شرکت‌های قطعه‌ساز پیشرو در کشور می‌باشد که این مهم نمایانگر قابلیت و توانمندی این شرکت در راستای برآوردن جامعه اسلامی ایران می‌باشد.

در حال حاضر این صنعت دارای سه تأمین‌کننده می‌باشد که برخی از سفارش‌های ماهانه صنعت را تأمین می‌کنند. این سه تأمین‌کننده از نظر صنعت دارای عملکرد نسبتاً خوبی بوده و اکثر سفارش‌های را به موقع تحویل می‌دهند. تمامی تأمین‌کنندگان به دنبال دریافت و تحویل بیشترین سفارش از صنعت هستند. مدیر صنعت به این می‌اندیشد که رتبه‌بندی دقیقی از نظر شاخص‌های عملکردی صنعت بین تأمین‌کنندگان داشته باشد، چراکه رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، از یک سو به کسب شرایط رقابتی در این صنعت و به دنبال آن به افزایش کیفی قطعات بسیار کمک می‌نمایند، از سویی دیگر، بحث انتقال اطلاعات و دانش در حصول کیفیت و رقابت در این صنعت بسیار مؤثر است. به همین منظور با مراجعه به اسناد و مدارک و تشکیل جلسات مختلف در صنعت میان مدیران ارشد و معاونان، چهار شاخص عملکردی مهم (هزینه، تحویل به موقع، کیفیت، انعطاف‌پذیری) شناسایی و نهایی شدند.

روش تحقیق

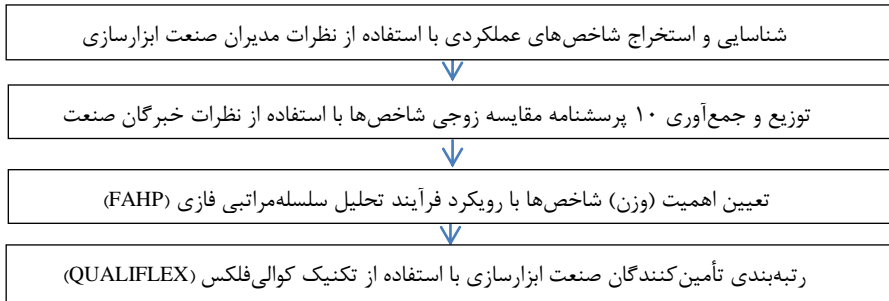
در این تحقیق پس از تعیین و شناسایی شاخص‌های عملکردی، از نظرات ۱۰ متخصص و خبره صنعت ابزارسازی برای مقایسه زوجی میان شاخص‌ها استفاده شده و با روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، وزن شاخص‌ها محاسبه می‌شوند. نهایتاً با بهره‌گیری از تکنیک کوالی‌فلکس، تأمین‌کنندگان صنعت رتبه‌بندی می‌شوند. لذا این پژوهش یک پژوهش کمی (فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تکنیک کوالی‌فلکس) می‌باشد. بر این اساس دو سؤال اساسی زیر مطرح می‌شود:

سؤال اول: اهمیت (وزن) شاخص‌های عملکردی تأمین‌کنندگان صنعت ابزارسازی چگونه است؟

سؤال دوم: رتبه تأمین‌کنندگان صنعت ابزارسازی بر اساس شاخص‌های عملکردی مذکور

چگونه است؟

شکل یک، فلوجارت متدولوژی ارائه شده در این تحقیق را نشان می دهد:



شکل ۱: فلوجارت متدولوژی تحقیق

تکنیک پیشنهادی کوالی فلکس - فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولین بار توسط ساعتی در سال های ۱۹۸۲، ۱۹۸۸ و ۱۹۹۵ توسعه داده شد (ساتی^۱، ۱۹۹۵) و تقریباً به عنوان بهترین و پرکاربردترین رویکرد تصمیم گیری چندشاخصه شناخته شده است (کتی^۲، ۲۰۰۴) همچنین به عنوان یک ابزار تصمیم گیری چندمعیاره، تکنیک تخمین وزن در زمینه های زیادی از جمله ارزیابی، برنامه ریزی و توسعه، تصمیم گیری و پیش بینی و غیره به طور گسترده ای استفاده شده است (وایدیا^۳، ۲۰۰۶). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توانایی تجزیه مسائل پیچیده به اجزای سازنده و ساده سازی کاربرد این مسائل را دارد (داگدویرن^۴، ۲۰۰۸) و (کانیداری^۵، ۲۰۰۷).

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به طور گسترده ای برای مسائل تصمیم گیری استفاده شده و به طور موفقی برای مسائل عملی زیادی کاربرد دارد. علیرغم کاربردهای بسیار، غالباً انتقاداتی به این روش به دلیل ناتوانی در اجرای مناسب ابهامات و تردیدهای منطقی ناشی

1. Saaty
2. Cathy
3. Vaidya
4. Dagdeviren
5. Konidari

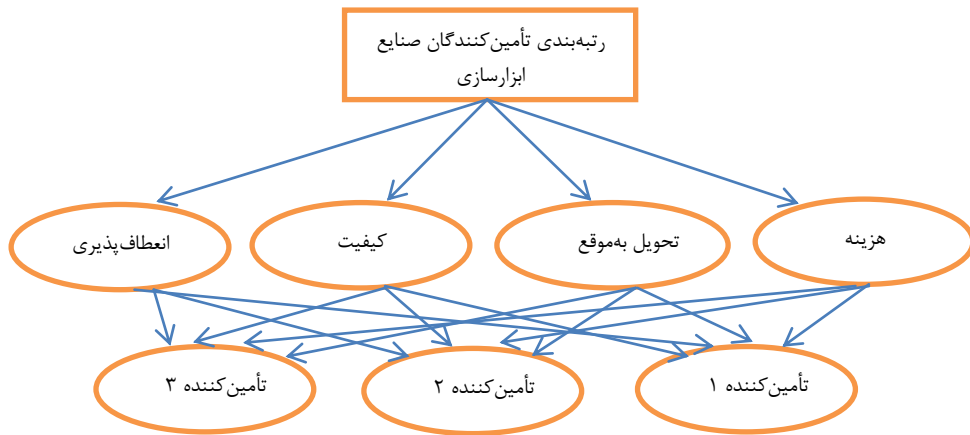
از نداشت ادراک تصمیم‌گیرندگان برای اعداد دقیق وارد شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سنتی نیاز به قضاوت‌های (اعداد) معین یا دقیق دارد. در هر صورت به دلیل پیچیدگی و تردیدهای موجود در مسائل تصمیم‌گیری جهان واقعی، تصمیم‌گیرندگان بیشتر مایل به فراهم کردن قضاوت‌های فازی باشند. از زمانی که بلمان و زاده نظری رفتار تصمیم را در یک محیط فازی توسعه دادند، روش‌های مختلفی برای اجرای سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره گسترش یافته‌اند. با مراجعه به ادبیات تحقیق مربوط به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، می‌توان چندین روش پیشنهادی را برای این رویکرد یافت. اولین رویکرد توسط لارهوون^۱ و همکار (۱۹۸۳) پیشنهاد شده است. در این روش عناصر ماتریس معکوس با اعداد فازی مثلثی بیان شده‌اند. در نقطه مقابل، باکلی^۲ (۱۹۸۵)، اعداد دوزنقه‌ای را برای تعیین نسبت‌های مقایسه‌ای فازی استفاده کرد. اینیت^۳ (۲۰۰۴)، یک رویکرد بر مبنای توسعه فازی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارائه داد. این مقاله بر روی محدودیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای گرفتن اطلاعات قابل‌ملاحظه در دسترس تمرکز کرد. این مطالعه اثبات کرد که تمام نتایج معین و معتبر از طریق ملاحظه تمامی اطلاعات استخراج شده از محدودیت‌ها می‌تواند حاصل شود. کولاک^۴ (۲۰۰۵)، مطالعه‌ای در زمینه انتخاب شرکت ترابری چندشاخصه برای زنجیره تأمین با به کارگیری طراحی بدیهی چندشاخصه فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام داد. ارنسال^۵ و همکاران (۲۰۰۶)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی را برای تحلیل ارتباط بین مزایای رقابتی، اولویت‌های رقابتی و رقابت‌های شرکت‌ها در مفهوم مدیریت فناوری استفاده کرده است. گولکت^۶ و همکار (۲۰۰۷)، یک مطالعه مقایسه‌ای برای پایه‌ریزی متدولوژی‌های فازی پیچیده در ارزیابی عملکرد یک سیستم تولیدی انجام داد و نشان داد که رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی بهترین نتایج را ارائه می‌دهد و شامل مراحل زیر است:

مراحل اجراء: این رویکرد، نظری مجموعه فازی را برای بیان قضاوت‌های مقایسه‌ای

1. Larhoon
2. Bakly
3. Eneat
4. Collak
5. Erensal
6. Göleçt

نامعین به‌عنوان یک عدد فازی بکار می‌برد و شامل پنج مرحله زیر است:

مرحله اول (ایجاد سلسله‌مراتب تصمیم): همان‌طور که در بخش‌های قبلی ذکر شد، مشابه با روش سنتی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، قدم ابتدایی، شکستن مسائل تصمیم‌گیری پیچیده به یک ساختار سلسله‌مراتب یا طراحی مدل سلسله‌مراتبی شاخص‌ها می‌باشد که در شکل دو ارائه شده است:



شکل ۲: ساختار سلسله‌مراتبی از تأمین‌کنندگان و شاخص‌های عملکردی

مرحله دوم (تعیین ماتریس مقایسه زوجی و محاسبه نرخ سازگاری آن به‌صورت زیر):

جدول ۱: تعیین ماتریس مقایسه زوجی و محاسبه نرخ سازگاری

	C_1	C_2	...	C_n
C_1	(1,1,1)	$(a_{12}^l, a_{12}^m, a_{12}^u)$	...	$(a_{1n}^l, a_{1n}^m, a_{1n}^u)$
C_2	$(a_{21}^l, a_{21}^m, a_{21}^u)$	(1,1,1)	...	$(a_{2n}^l, a_{2n}^m, a_{2n}^u)$
\vdots			\vdots	\vdots
C_m	$(a_{m1}^l, a_{m1}^m, a_{m1}^u)$	$(a_{m2}^l, a_{m2}^m, a_{m2}^u)$	...	(1,1,1)

که: $(a_{ij}^l, a_{ij}^m, a_{ij}^u) = (\frac{1}{a_{ji}^u}, \frac{1}{a_{ji}^m}, \frac{1}{a_{ji}^l})$ عدد فازی مثلثی مربوط به متغیرهای زبانی می‌باشد.

در این پژوهش از متغیرهای زبانی در نظر گرفته شده به‌صورت جدول دو، استفاده شده که پس از توزیع پرسشنامه مربوط به مقایسات زوجی چهار شاخص: هزینه (C1)، تحويل به‌موقع (C2)، کیفیت (C3)، انعطاف‌پذیری (C4)، به ۱۰ نفر از خیرگان صنعت

ابزارسازی و تکمیل و جمع‌آوری نظرات آن‌ها به صورت متغیرهای زبانی و تبدیل آن‌ها به اعداد فازی، اطلاعات وارد نرم‌افزار اکسل شد و سپس با استفاده از روش میان‌گیری هندسی ادغام‌شده و نهایتاً مقادیر ماتریس نهایی تجمیعی (ادغامی) نظرات خبرگان برای تعیین درجه اهمیت و وزن شاخص‌ها به صورت جدول سه حاصل شد:

جدول ۲: طیف اعداد فازی و متغیر زبانی برای مقایسات زوجی و تعیین درجه اهمیت

مقیاس‌های زبانی برای درجه اهمیت	خیلی پایین (VL)	پایین (L)	متوسط پایین (ML)	متوسط (M)	متوسط بالا (MH)	بالا (H)	خیلی بالا (VH)
اعداد فازی مثلثی	۰۰/۵۲	۱۲۳	۲۳/۵۴	۴۶۵	۵۶/۵۸	۷۸۹	۸۹/۵۱۰

جدول ۳: ماتریس تجمیع نظرات خبرگان در خصوص شاخص‌های عملکردی

شاخص‌های عملکردی	هزینه			تحویل به موقع			کیفیت			انعطاف‌پذیری		
	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۹/۰۰	۰/۲۰	۰/۶۰	۰/۹۰	۳/۰۰	۴/۰۰	۸/۰۰
هزینه	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۹/۰۰	۰/۲۰	۰/۶۰	۰/۹۰	۳/۰۰	۴/۰۰	۸/۰۰
تحویل به موقع	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۳/۰۰	۷/۰۰	۳/۰۰	۵/۰۰	۸/۰۰
کیفیت	۱/۱۱	۱/۶۷	۵/۰۰	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۱۰	۰/۵۰	۰/۶۰
انعطاف‌پذیری	۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۳۳	۱/۶۷	۲/۰۰	۱۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

پس از جمع‌آوری نظرات خبرگان به صورت مقایسه زوجی، به منظور کنترل نتیجه مقایسه‌ها، نرخ سازگاری برای هر ماتریس، محاسبه می‌گردد تا سازگاری مقایسه زوجی، تخمین زده شود.

در رابطه با بررسی سازگاری در روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی، مطالعات کمی

انجام شده است. باکلی بیان می‌کند که یک ماتریس مقایسه فازی $\tilde{A} = \tilde{a}_{ij} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{m1} & \dots & \tilde{a}_{mn} \end{bmatrix}$

ناسازگار است اگر $\tilde{a}_{ij} \otimes \tilde{a}_{kj} \approx \tilde{a}_{ik}$ با $k = 1, 2, \dots, n$ که نشان دهنده حاصل ضرب فازی است و \approx برابری فازی را بیان می‌کند. به طور کلی گام‌های بررسی سازگاری یک ماتریس مقایسه زوجی فازی به صورت زیر است:

گام اول (تقسیم ماتریس مثلثی فازی به دو ماتریس):

در این روش به منظور بررسی سازگاری، لازم است از هر ماتریس مقایسه زوجی، دو

ماتریس مجزاء تشکیل شود. A^g و A^m

برای یافتن نرخ سازگاری، بردار وزن هر یک از این دو ماتریس باید محاسبه شود. از آنجاکه این ماتریس‌ها شامل داده‌های قطعی (غیرفازی) هستند، می‌توان از روش ساعتی برای محاسبه بردار وزن استفاده نمود. لذا، بردارهای اوزان W^g و W^m ، از روابط زیر به دست می‌آیند:

$A^m = [a_{ij}^m]$ مقادیر میانی ترجیحات هر خبره (مقادیر میانی اعداد فازی مثلثی) میانگین هندسی حدود بالا و پایین اعداد مثلثی فازی

$$A^g = \sqrt{a_{iju} a_{ijl}}$$

گام دوم (محاسبه بردار وزن هر ماتریس با استفاده از روش ساعتی به صورت زیر):

$$W_i^m = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^n a_{ijm}}; \quad W^m = [W_i^m]$$

$$W_i^g = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\sqrt{a_{iju} a_{ijl}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{a_{iju} a_{ijl}}}; \quad W^g = [W_i^g]$$

گام سوم (محاسبه بزرگ‌ترین مقدار ویژه برای هر ماتریس به صورت زیر):

$$\lambda_{max}^m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ijm} \left(\frac{W_j^m}{W_i^m} \right), \quad \lambda_{max}^g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sqrt{a_{iju} a_{ijl}} \left(\frac{W_j^g}{W_i^g} \right)$$

گام چهارم (محاسبه شاخص سازگاری با استفاده از روابط):

$$CI^m = \frac{(\lambda_{max}^m - n)}{n-1}, \quad CI^g = \frac{(\lambda_{max}^g - n)}{n-1}$$

گام پنجم (محاسبه نرخ سازگاری با استفاده از رابطه زیر):

$$CR^m = \frac{CI^m}{RI^m}, \quad CR^g = \frac{CI^g}{RI^g}$$

در صورتی که هر دو شاخص‌ها کمتر از ۰/۱ بودند، ماتریس فازی سازگار است و در صورتی که هر دو بیشتر از ۰/۱ بودند از تصمیم‌گیرنده تقاضا می‌شود تا در اولویت‌های ارائه شده تجدیدنظر کند و در صورتی که تنها CR^m یا CR^g بیشتر از ۰/۱ بود تصمیم‌گیرنده در مقادیر (حدود) میانی قضاوت‌های فازی تجدیدنظر خواهد کرد. در این پژوهش پس از اعمال رویه فوق، با استفاده از فرمول‌نویسی در اکسل مقادیر: $CR^m = 0.06$ و $CR^m = 0.04$ حاصل شد که نشان می‌دهد ماتریس مقایسه زوجی فازی از سازگاری مناسبی برخوردار است.

مرحله سوم (تعیین ماتریس ستون ترکیبی فازی به صورت جدول چهارم):

جدول ۴: ماتریس ستون فازی مرکب

	C_1	C_2	...	C_n	\tilde{s}_i
C_1	(1,1,1)	$(a_{12}^l, a_{12}^m, a_{12}^u)$	...	$(a_{1n}^l, a_{1n}^m, a_{1n}^u)$	$\tilde{s}_1 = (s_1^l, s_1^m, s_1^u)$
C_2	$(a_{21}^l, a_{21}^m, a_{21}^u)$	(1,1,1)	...	$(a_{2n}^l, a_{2n}^m, a_{2n}^u)$	$\tilde{s}_1 = (s_1^l, s_1^m, s_1^u)$
⋮	⋮		⋮	⋮	⋮
C_m	$(a_{m1}^l, a_{m1}^m, a_{m1}^u)$	$(a_{m2}^l, a_{m2}^m, a_{m2}^u)$	...	(1,1,1)	$\tilde{s}_m = (s_m^l, s_m^m, s_m^u)$

که:

$$\tilde{s}_1 = (s_1^l, s_1^m, s_1^u) = \left(\frac{a_{11}^l + a_{12}^l + \dots + a_{1n}^l}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^u}, \frac{a_{11}^m + a_{12}^m + \dots + a_{1n}^m}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^m}, \frac{a_{11}^u + a_{12}^u + \dots + a_{1n}^u}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^m} \right)$$

در این مرحله مقدار بسط مرکب فازی هر یک از مؤلفه‌ها یا ماتریس ستون فازی مرکب را به کمک فرمول نویسی نرم‌افزار اکسل به صورت جدول پنج محاسبه می‌کنیم:

$$\left[\sum \sum M_{ij} \right]^{-1} = (51.28 \quad 65.1 \quad 2069.43)^{-1}$$

جدول ۵: ماتریس ستون فازی مرکب محاسبه شده در نرم‌افزار اکسل

	\tilde{s}_i		
SC_1	۰/۱۱	۰/۳۷	۱/۰۷
SC_2	۰/۱۱	۰/۳۶	۰/۹۴
SC_3	۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۴۰
SC_4	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۶۶

مرحله چهارم (تعیین ماتریس ستون دیفازی مرکب به صورت جدول شش):

جدول ۶: ماتریس ستون ترکیبی دیفازی

	C_1	C_2	...	C_n	\tilde{s}_i	s_i
C_1	(1,1,1)	$(a_{12}^l, a_{12}^m, a_{12}^u)$	...	$(a_{1n}^l, a_{1n}^m, a_{1n}^u)$	$\tilde{s}_1 = (s_1^l, s_1^m, s_1^u)$	s_1
C_2	$(a_{21}^l, a_{21}^m, a_{21}^u)$	(1,1,1)	...	$(a_{2n}^l, a_{2n}^m, a_{2n}^u)$	$\tilde{s}_1 = (s_1^l, s_1^m, s_1^u)$	s_2
⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	...
C_m	$(a_{m1}^l, a_{m1}^m, a_{m1}^u)$	$(a_{m2}^l, a_{m2}^m, a_{m2}^u)$	...	(1,1,1)	$\tilde{s}_m = (s_m^l, s_m^m, s_m^u)$	s_m

که:

$$V(A > B) = \begin{cases} 1 & ; a_m \geq b_m \\ \frac{b_i - a_u}{(a_m - a_u) - (b_m - b_i)} & ; \text{els} \end{cases}$$

$$V(A > B, C, D, \dots) = \text{Min}\{V(A > B), V(A > C), V(A > D), \dots\} = \alpha$$

$$V(B > A, C, D, \dots) = \text{Min}\{V(B > A), V(B > C), V(B > D), \dots\} = \beta$$

$$V(C > A, B, D, \dots) = \text{Min}\{V(C > A), V(C > B), V(C > D), \dots\} = \gamma$$

$$V(D > A, B, C, \dots) = \text{Min}\{V(D > A), V(D > B), V(D > C), \dots\} = \lambda$$

$$s_1 = s_A = \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \gamma + \lambda}, s_2 = s_B = \frac{\beta}{\alpha + \beta + \gamma + \lambda}, s_3 = s_C = \frac{\gamma}{\alpha + \beta + \gamma + \lambda}, s_4 = s_D = \frac{\lambda}{\alpha + \beta + \gamma + \lambda}, \dots$$

پس از به دست آوردن مقدار بسط مرکب فازی، درجه امکان‌پذیری برای هر حالت دوتایی ممکن و حداقل درجه امکان‌پذیری هر یک از شاخص‌ها را نسبت به سایر شاخص‌ها به دست می‌آوریم تا پس از فرمول‌نویسی در نرم‌افزار اکسل ماتریس ستون دیفازی مرکب بر مبنای درجات ارزش مطابق جدول هفت حاصل گردد:

جدول ۷: ماتریس ستون دیفازی مرکب بر مبنای درجات

	C1	C2	C3	C4
C1	۱	۰/۹۸۳۸۰۳	۰/۵۵۰۳۳۵	۰/۶۹۷۲۹۷
C2	۱	۱	۰/۵۶۶۲۹۹	۰/۷۱۰۱۳۴
C3	۱	۱	۱	۰/۹۹۶۸۷۵
C4	۱	۱	۱	۱
V(Ci > C1, C2, C3, C4)	۱	۰/۹۸۳۸۰۳	۰/۵۵۰۳۳۵	۰/۶۹۷۲۹۷

مرحله پنجم (محاسبه وزن معیارها): نهایتاً از طریق تقسیم مقادیر سطر حداقل درجه امکان‌پذیری بر مجموع مقادیر آن سطر، بردار وزنی عوامل به صورت جدول هشت به دست آمد:

جدول ۸: بردار وزنی عوامل

شاخص‌ها	هزینه	تحويل به موقع	کیفیت	انعطاف‌پذیری
(اصلاح‌شده) حداقل درجه امکان‌پذیری V(Ci > C1, C2, C3, C4, C5)	۱	۰/۹۸۳۸	۰/۵۵۰۳	۰/۶۹۷۳
وزن	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۱۷	۰/۲۱

تکنیک کوالی‌فلکس

روش کوالی‌فلکس یکی از روش‌های برتری‌داشتن برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این روش توسط پیلینک (۱۹۷۶، ۱۹۷۷، ۱۹۷۸) توسعه داده شد و پیلینک (۱۹۷۶)، روش جایگشت جکت لاجرز^۱ را به‌منظور توسعه یک روش منعطف تعمیم داد. انعطاف‌پذیری این تکنیک از قابلیت بررسی همزمان اطلاعات اصلی^۲ و ترتیبی^۳ در فرآیند تصمیم‌گیری نشأت می‌گیرد. این روش بر پایه روش متریک^۴ یعنی انجام مقایسات زوجی گزینه‌ها و بر مبنای رابطه هر معیار تحت تمامی جایگشت (رتبه‌بندی) های ممکن گزینه‌ها طرح‌ریزی شده است. سپس شاخص‌های تطبیق و عدم تطبیق برای هر زوج از گزینه‌های جایگشت‌ها محاسبه می‌شود. نهایتاً جایگشت‌های بهینه از گزینه‌هایی که ارزش شاخص تطبیق/عدم تطبیق را حداکثر کرده و ارجح‌ترین گزینه در میان سایر گزینه‌ها می‌باشند، تعیین خواهند شد.

در سال‌های اخیر، رویکرد کوالی‌فلکس توجه چشمگیری یافته و در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره در زمینه‌های مختلف بکار گرفته شده است. برای مثال، چن^۵ و همکاران (۲۰۱۳)، یک روش کوالی‌فلکس برای نشان دهی مسائل چندمعیاره درزمینه مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم توسعه داده‌اند و در تصمیم‌گیری پزشکی به کار گرفتند. چن (۲۰۱۴)، یک روش برتری کوالی‌فلکس فازی شهودی باارزش فاصله‌ای ارائه داد. بر اساس چارچوب فازی نوع دوم، وانگ^۶ و همکاران (۲۰۱۵)، یک روش درست‌نمایی^۷ بر مبنای کوالی‌فلکس برای تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی در قالب تصمیم فازی فاصله‌ای نوع دوم توسعه دادند. ژانگ^۸ و همکار (۲۰۱۵)، یک کوالی‌فلکس فازی مردد^۹ با

1. Jacquet-Lagreze's

2. Cardinal

3. Ordinal

4. Metric

5. Chen

6. Wang

7. Likelihood

8. Zhang

9. Hesitant

روش مقایسات فاصله محور علامت‌دار بر یا حل مسائل چندمعیاره پیشنهاد دادند به طوری که ارزیابی گزینه‌ها و وزن‌دهی معیارها هر دو توسط عناصر فازی مردد بیان شده‌اند.

گام‌های اجرایی

گام‌های اجرای روش کوالی‌فلکس به شرح زیر ارائه می‌شود (پیلنیک ۱۹۷۸):

محاسبه وزن معیارها (شاخص‌ها) با یکی از روش‌های وزن‌دهی

تعیین همه ترتیب‌های ممکن: در رتبه‌بندی m گزینه ($m!$) حالت مختلف به وجود می‌آید.

انتخاب مجزا تمام ترتیب‌ها و بررسی اجزای آن بر اساس تمام معیارها (شاخص‌ها)

الف) چنانچه رابطه جزئی از یک ترتیب در یک شاخص خاص (مثلاً شاخص اول) برقرار باشد، امتیاز مثبت یک به آن تعلق می‌گیرد.

ب) چنانچه حالت تساوی برقرار باشد، امتیاز صفر به جزء موردنظر تعلق می‌گیرد.

ج) در صورتی که رابطه برقرار نباشد (برعکس باشد) امتیاز منفی یک به آن تعلق می‌گیرد.

$$I_{jk}(a, b) = \begin{cases} +1 & \text{وجود هماهنگی} \\ 0 & \text{وجود تساوی} \\ -1 & \text{وجود ناهماهنگی} \end{cases}$$

محاسبه مجموع امتیازات هماهنگی، تساوی و ناهماهنگی مربوط به هر یک از جای

گشت‌ها.

$$I_{jk} = \sum_{a, b \in A} I_{jk}(a, b)$$

محاسبه امتیاز نهایی هریک از ترتیب‌ها از طریق فرمول زیر:

$$I_k = \sum W_j * I_{jk}(a, b)$$

$Max I_k$ نشان‌دهنده بهترین رتبه‌بندی است.

مطالعه موردی: رتبه‌بندی نهایی تأمین‌کنندگان صنعت ابزارسازی

با عنایت به استخراج چهار شاخص عملکردی در صنعت ابزارسازی و سه تأمین‌کننده این صنعت و مراجعه به اسناد و اطلاعات و مصاحبه با ۱۰ نفر خبره و مدیر ارشد صنعت، نهایتاً ماتریس تصمیم‌گیری به صورت جدول نه حاصل شد:

جدول ۹. ماتریس تصمیم‌گیری

w	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۱۷	۰/۲۲
شاخص / گزینه	C_1^-	C_2^+	C_3^+	C_4^+
A_1	۱۸	خیلی زیاد	متوسط	زیاد
A_2	۱۴	متوسط	خیلی زیاد	متوسط
A_3	۱۶	زیاد	کم	متوسط

ابتدا تمام حالات ممکن در رتبه‌بندی را می‌نویسیم. چون این مسئله دارای سه گزینه (سه تأمین‌کننده) می‌باشد، بنابراین سه یعنی شش حالت مختلف از رتبه‌بندی به وجود می‌آید:

$$\begin{aligned}
 P_1: A_1 > A_2 > A_3 \\
 P_2: A_1 > A_3 > A_2 \\
 P_3: A_2 > A_1 > A_3 \\
 P_4: A_2 > A_3 > A_1 \\
 P_5: A_3 > A_1 > A_2 \\
 P_6: A_3 > A_2 > A_1
 \end{aligned}$$

حال باید امتیاز تمام ترتیب‌های مختلف را محاسبه نمود. بر اساس ترتیب اول انتظار می‌رود که $A_1 > A_2$ ، $A_1 > A_3$ و $A_2 > A_3$ باشد. چنانچه در مقایسه زوج به زوج گزینه‌ها در یک شاخص:

- (الف) رابطه برقرار باشد (امتیاز مثبت یک)
- (ب) رابطه برقرار نباشد (امتیاز منفی یک)
- (ج) در صورت تساوی (امتیاز صفر)

در نتیجه در شاخص اول که منفی (از جنس هزینه) است سه حالت داریم:

- $A_1 > A_2$ بنابراین امتیاز منفی یک به آن تعلق می‌گیرد.
- $A_1 > A_3$ بنابراین امتیاز منفی یک به آن تعلق می‌گیرد.
- $A_2 > A_3$ بنابراین امتیاز مثبت یک به آن تعلق می‌گیرد.

در شاخص دوم که مثبت (از جنس سود) است داریم:
 $A_1 > A_2$ ، بنابراین امتیاز مثبت یک به آن تعلق می‌گیرد.
 $A_1 > A_3$ ، بنابراین امتیاز مثبت یک به آن تعلق می‌گیرد.
 $A_2 > A_3$ ، بنابراین امتیاز منفی یک به آن تعلق می‌گیرد.

در شاخص سوم که مثبت (از جنس سود) است داریم:
 $A_1 > A_2$ ، بنابراین امتیاز منفی یک به آن تعلق می‌گیرد.
 $A_1 > A_3$ ، بنابراین امتیاز مثبت یک به آن تعلق می‌گیرد.
 $A_2 > A_3$ ، بنابراین امتیاز مثبت یک به آن تعلق می‌گیرد.

در شاخص چهارم که مثبت (از جنس سود) است داریم:
 $A_1 > A_2$ ، بنابراین امتیاز مثبت یک به آن تعلق می‌گیرد.
 $A_1 > A_3$ ، بنابراین امتیاز مثبت یک به آن تعلق می‌گیرد.
 $A_2 = A_3$ ، بنابراین امتیاز صفر به آن تعلق می‌گیرد.

با توجه به این محاسبات، مجموع محاسبات P_1 به صورت جدول ده خواهد بود:

جدول ۱۰: محاسبات P_1

شاخص / گزینه	C_1^-	C_2^+	C_3^+	C_4^+
P_1	-۱	۱	۱	۲

اگر همین عملیات‌ها را برای ترتیب‌های شش‌گانه محاسبه کنیم، خواهیم داشت:

جدول ۱۱: مجموع محاسبات شش حالت رتبه‌بندی

شاخص / گزینه	C_1^-	C_2^+	C_3^+	C_4^+
P_1	-۱	۱	۱	۲
P_2	-۳	۳	-۲	۲
P_3	۲	-۲	۳	۰
P_4	۳	-۳	۱	-۲
P_5	-۱	۱	-۳	۰
P_6	۱	-۱	-۱	-۲

حال باید نمرات هریک از ترتیب‌ها را در وزن شاخص‌ها ضرب کنیم تا به بهترین ترتیب رتبه‌بندی برای گزینه‌ها دست‌یابیم:

$$\begin{aligned}
 I_1 &= (0.31 * -1) + (0.30 * 1) + (0.17 * 1) + (0.22 * 2) = 0.161 \\
 I_2 &= (0.31 * -3) + (0.30 * 3) + (0.17 * -2) + (0.22 * 2) = 0.107 \\
 I_3 &= (0.31 * 2) + (0.30 * -2) + (0.17 * 3) + (0.22 * 0) = 0.153 \\
 I_4 &= (0.31 * 3) + (0.30 * -3) + (0.17 * 1) + (0.22 * -2) = -0.117 \\
 I_5 &= (0.31 * -1) + (0.30 * 1) + (0.17 * -3) + (0.22 * 0) = 0.12 \\
 I_6 &= (0.31 * 1) + (0.30 * -1) + (0.17 * -1) + (0.22 * -2) = -0.16
 \end{aligned}$$

امتیاز مربوط به ترتیب اول از سایر امتیازهای محاسبه‌شده بیشتر می‌باشد، بنابراین مناسب‌ترین رتبه‌بندی، رتبه‌بندی اول خواهد بود، یعنی ترتیب انتخاب گزینه‌ها در این صنعت به صورت زیر خواهد بود:

$$P_1: A_1 > A_2 > A_3$$

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش از یک رویکرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و کوالی‌فلکس برای انتخاب و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان صنعت ابزارسازی استفاده شده است. روش کوالی‌فلکس بر مبنای ارزیابی تمام رتبه‌بندی‌های ممکن (جایگشت‌ها)^۱ گزینه‌ها در شرایط تطبیق^۲ و عدم تطبیق شاخص‌ها پایه‌ریزی شده است و به عنوان یکی از تکنیک‌های برتری‌داشتن^۳ است که به مقایسات زوجی گزینه‌ها بر اساس هر معیار تحت تمامی جایگشت‌های ممکن گزینه‌ها پرداخته و جایگشت‌های بهینه‌ای که ارزش شاخص تطبیق/عدم تطبیق را حداکثر نماید، شناسایی می‌کند. نتیجه نهایی رتبه‌بندی نشان داد که تأمین‌کننده شماره یک بهترین تأمین‌کننده بر مبنای چهار شاخص عملکردی صنعت ابزارسازی می‌باشد.

در پایان پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان صنایع از تکنیک‌هایی نظیر اوامیکس، اورسته و ... استفاده شده و نتیجه رتبه‌بندی این روش‌ها با تکنیک کوالی‌فلکس مقایسه و بهترین روش برای رتبه‌بندی گزینه‌ها انتخاب شود.

1. Permutations
2. Concordance
3. Outranking

- Alinezhad, A. & Esfandiari, N. (2012). Sensitivity analysis in the QUALIFLEX and VIKOR methods. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 5(10), 29-34.
- Bellman, R., & Zadeh, L. A., (1970). Decision making in a fuzzy environment. *Management science*, 17(4), 141-164.
- Cathy M., Johan S., Klaas D.B., Alain V., PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multi-criteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP, *European Journal of Operational Research* 153 (2004) 307-317.
- Chen, T. Y. 2014. "Interval-valued Intuitionistic Fuzzy QUALIFLEX Method with a Likelihood-based Comparison Approach for Multiple Criteria Decision Analysis." *Information Sciences* 261: 149-169.
- Chen, T. Y., C. H. Chang, and J. F. Rachel Lu. (2013). "The Extended QUALIFLEX Method for Multiple Criteria Decision Analysis Based on Interval Type-2 Fuzzy Sets and Applications to Medical Decision Making." *European Journal of Operational Research* 226 (3): 615-625.
- Dagdeviren, M., (2008). Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19, 397-406.
- Eneat M., T. Piazza, (2004). Project selection by constrained fuzzy AHP, *Fuzzy Optimization and Decision Making* 3, 39-62.
- Erensal Y.C., Öncan, T., Demircan M.L., (2006). Determining key capabilities in technology management using fuzzy analytic hierarchy process: A case study of Turkey, *Information Sciences* 176 (18), 2755-2770.
- Göleç A., Tas kin H., (2007). Novel methodologies and a comparative study for manufacturing systems performance evaluations, *Information Sciences* 177 (23), 5253-5274.
- Konidari, P., Mavrakis, D., (2007). A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments. *Energy Policy* 35, 6235-6257.
- Lin, C. J., & Wu, W. W. (2008). A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 205-213.
- Paelinck, J.H.P. (1978). QUALIFLEX: a flexible multiple - criteria method. *Economics Letters*, 1(3), 193-197.
- Saaty, (1995). Decision making for leaders. The analytical hierarchy process for decisions in a complex world. RWS publications, Pittsburgh.
- Vaidya, O.S., Kumar S., (2006). Analytic hierarchy process: an overview of applications, *European J. Oper. Res.* 169, 1-29.
- Wang, J. C., C. Y. Tsao, and T. Y. Chen. (2015). "A Likelihood-based QUALIFLEX Method with Interval Type-2 Fuzzy Sets for
- Zhang, X. & Xu, Z. (2015). Hesitant fuzzy QUALIFLEX approach with a signed distance-based comparison method for multiple criteria decision analysis. *Expert Systems with Applications*, 42, 873-884.