



مجله علمی

مدیریت نوآفرینی

Innovation
management

رتبه‌بندی پرسنل تولید با استفاده از روش TOPSIS فازی در صنعت قطعه سازی خودرو (مطالعه موردی شرکت قطعه سازان شایان)

محمد کاشانی^{۱*}، مهناز احدزاده نمین^۲

چکیده	اطلاعات مقاله
فرآیند شناسایی و رتبه‌بندی پرسنل شاغل در سازمان جهت بهبود مستمر کیفیت و کمیت تولید دارای اهمیت می‌باشد، تعیین معیارهای صحیح جهت انتخاب افراد، رشد و پیشرفت اعضای سازمان، تربیت نیروهای متخصص و توانمند چند مهارتی، خلاقیت و ایجاد فضای رقابتی نیز نقشی مهم در سازمان ایفا می‌کند. لذا، بهتر است روش علمی در نظر گرفته شود که ضمن تشخیص افراد کارآمد، منجر به افزایش بازدهی کارکنان و هم‌چنین، ایجاد مزیت رقابتی بین آنها شود که از روش بیش‌ترین نزدیکی به جواب ایده آل جهت اندازه‌گیری عملکرد استفاده شد که از نتایج آن می‌توان به جهت تشخیص کارکنان خوب، ایجاد هویت درون سازمانی، زنده نگه داشتن ارزش‌ها و اهداف مجموعه، ایجاد فرصت ارتقا و تلاش، ایجاد حس رقابت افراد و هم‌چنین، سطح رضایت کارمندان شناخت نقاط قوت و ضعف پرسنلی و ارزش‌یابی معیارها اشاره کرد. سازمانی که به صورت شفاف و واضح جهت تعیین امتیاز و رتبه‌بندی پرسنل خود با پشتوانه مدیریت علمی و روش‌های تخصصی و هم‌چنین، تاکید بر منافع جمعی، معیارهای پاداش را مشخص می‌کند، بیش‌ترین سطح رضایت شغلی را نیز به همراه دارد. با رعایت این مراحل و استفاده از روش TOPSIS، توانستیم بهترین پرسنل‌ها را شناسایی کرده و ایجاد انگیزه و رقابت را شکوفا سازیم. هم‌چنین، با ارزیابی منظم و پیگیری مداوم، می‌توانید بهبودهای لازم را اعمال کنید و پرسنل را در جهت هدف‌ها و استراتژی‌های سازمان هماهنگ کنید.	نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۷
رتبه‌بندی، TOPSIS، مهارت، عملکرد، بازدهی، قطعه‌سازی	کلیدواژه‌ها

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس

ایمیل: md.kashani@yahoo.com

* نویسنده مسئول: محمد کاشانی

۱. کارشناس ارشد، گروه مدیریت مالی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

۲. استادیار، گروه ریاضی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقدمه

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ابزارهای قدرتمندی هستند که در تحلیل و انتخاب بهترین گزینه‌ها در رویارویی با مسائل پیچیده و تعداد زیادی معیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از روش‌های معروف تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS^۱ است که در سال ۱۹۸۵ توسط هربرت رازگی^۲ و چارلز کلکسن^۳ معرفی شد. روش تاپسیس یک روش محاسباتی در تصمیم‌گیری چندمعیاره است که بر اساس تفاوت‌های نسبی بین گزینه‌ها و دسته‌های مطلوب و نامطلوب برای هر معیار، بهترین گزینه را انتخاب می‌کند. این روش می‌تواند در تحلیل و انتخاب بهترین گزینه‌ها در رویارویی با مسائل پیچیده و تعداد زیادی معیار مورد استفاده قرار بگیرد. فلسفه و اصول روش TOPSIS به این شکل است که ابتدا ماتریس داده‌ها با استفاده از معیارها و وزن‌های شان ساخته می‌شود. معیارها نشان‌دهنده ویژگی‌های مورد ارزیابی هستند و وزن‌ها نمایانگر اهمیت نسبی معیارها در تصمیم‌گیری هستند. سپس، گزینه‌ها در یک فضای چند بعدی با استفاده از معیارها نمایش داده می‌شوند. در این فضا، نقاطی که به نزدیکی به یک نقطه ایده‌آل و بیش‌ترین فاصله از نقاط نامطلوب هستند، به عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شوند. روش تاپسیس به دلیل سادگی محاسباتی، قابلیت اعمال در مسائل پیچیده و قابلیت تعمیم به مسائل واقعی، در محیط‌های گوناگونی مانند پژوهش‌های عملیاتی، مدیریت، مهندسی و اقتصاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. پژوهشی با عنوان ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی سد البرز بر روی رودخانه بابلرود واقع در شهرستان بابل، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و سپس با استفاده از روش‌های تاپسیس و تاپسیس فازی رتبه‌بندی و ریسک‌های زیست محیطی رتبه‌بندی شد (مرادی، رجایی، صادقپور حاجی، ۲۰۲۰). پژوهشی دیگر ارزیابی تعداد زیادی از گزینه‌های طراحی را با روش تاپسیس برای چیدمان مناسب کارخانه از نظر کیفی و کمی مورد مطالعه قرار داده و توانست مسئله طراحی چیدمان را با این روش حل کند (یانگ و هانگ^۴ ۲۰۰۷). در مقاله‌ای دیگر با عنوان پیش‌بینی سوپر لیگ کشور پاکستان از روش تاپسیس و تاپسیس فازی با شش گزینه و یازده معیار بر اساس نتایج حاصل شده قبلی مورد مطالعه قرار گرفت و در نتیجه با توجه به سوابق گردآوری‌شده و دیدگاه ریاضی، نتایج نشان می‌دهد که تیم اسلام‌آباد یونایتد به احتمال زیاد، شانسی بیش‌تر برای پیروزی در این مسابقات را دارد (جعفر، فیض الله، نوید ۲۰۲۰). ما نیز در این مقاله، به بررسی جزئیات و کاربردهای روش تاپسیس می‌پردازیم. در بخش نخست، به طور کلی به فلسفه و اصول این روش می‌پردازیم. سپس، روند اجرای الگوریتم TOPSIS و محاسبه نقاط ایده‌آل مطلوب و نامطلوب را بررسی می‌کنیم. در ادامه، به مطالعه موردی‌ها و کاربردهای واقعی روش تاپسیس در حوزه‌های گوناگون می‌پردازیم. اهداف اصلی از ارائه این مقاله استفاده از روش تاپسیس بمنظور سنجش عملکرد پرسنل شرکت تولیدی قطعه سازی شایان با توجه به معیارهای راندمان، غیبت، تاخیر، مهارت، مدیریت پذیری و تخصص، به جهت رتبه‌بندی می‌باشد. این معیارها به عنوان مؤلفه‌های کلیدی برای اندازه‌گیری کارایی و عملکرد پرسنل در نظر گرفته می‌شوند و سپس نتایج بدست آمده را تحلیل خواهیم کرد. این تحلیل می‌تواند به مدیران کمک کند تا تصمیماتی مناسب در مورد ارتقاء و بهبود عملکرد پرسنل‌ها اتخاذ کنند و در نهایت، باعث بهبود کارایی و عملکرد کلی شرکت شود. به بیان دیگر، این پژوهش پاسخی برای پرسش‌های زیر می‌باشد.

- اصلی‌ترین و تاثیرگذارترین معیار در رتبه‌بندی پرسنل کدام معیار است؟
- چگونه کارکنان بخش تولید سازمانی را ارزیابی کنیم؟
- چگونه نقاط قوت و ضعف سازمان را در ارتباط با نیروی انسانی مورد نیاز تولید شناسایی کنیم؟

^۱. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

^۲. Herberta Razgi

^۳. Charles Clarkson

^۴. Taho Yang and Chih-Ching Hung

روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش مجموعه‌ای از قواعد، ابزار و راههای معتبر (قابل اطمینان) و نظام یافته برای بررسی واقعیت‌ها، کشف مجهولات و دستیابی به راه حل مشکلات است (خاکی، ۱۳۷۸). بیش‌تر روش‌های چندمعیاره برای ارزیابی اهمیت نسبی معیارهای گوناگون، نیاز به تعریف وزن‌های کمی برای معیارها دارند (اوپریکوویچ و تزنگ^۱ ۲۰۰۴). جامعه آماری این پژوهش به صورت مطالعه موردی شرکت قطعه‌سازان شایان و حجم نمونه جهت انتخاب معیارها از ۵ نفر از افراد خبره و جهت رتبه‌بندی از تعداد ۷۸ نفر پرسنل تولیدی که در دامنه همان شرکت می‌باشد، استفاده می‌شود. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی تحلیلی بوده که در پرداختن به ادبیات موضوعی روش کتابخانه‌ای و در مرحله عملی از روش گردآوری اطلاعات میدانی شامل مصاحبه و پرسش‌نامه استاندارد خبره است. در شرکت‌های تولیدی، عملکرد بهینه و کارآیی پرسنل در تولید و عملیات روزانه بسیار دارای اهمیت است. برای ارزیابی عملکرد پرسنل و تصمیم‌گیری درباره ترفیع، پاداش، یا نیاز به آموزش و پیشرفت تخصصی، استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS استفاده شده که به شما امکان می‌دهد پرسنل را بر اساس چندین معیار گوناگون ارزیابی و گزینه‌ها را رتبه‌بندی و انتخاب کنیم. در یک بازار رقابتی، شرکتی ماندگار خواهد بود که نیازهای مشتری را بهتر از رقیب تأمین کند (غفاریان وفا و کیانی غلامرضا، ۱۳۸۰). در این پژوهش، با استفاده از روش TOPSIS، عملکرد پرسنل شرکت تولیدی قطعه سازی شایان را با توجه به معیارهایی از قبیل راندمان، غیبت، تاخیر، مهارت، مدیریت پذیری و تخصص، ارزیابی کرده ایم. این معیارها به عنوان مؤلفه‌های کلیدی برای اندازه‌گیری کارآیی و عملکرد پرسنل در نظر گرفته می‌شوند. معیار راندمان نشان‌دهنده توانایی پرسنل در اجرای وظایف و تولید با کیفیت و به موقع است. معیار غیبت میزان نظم و حضور و غیاب پرسنل را نمایش می‌دهد و می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی عملکرد استفاده شود. تاخیر که یکی دیگر از معیارهاست، نشان می‌دهد که پرسنل به چه اندازه مسئولیت و تعهد خود را نسبت به وظایف و زمانبندی‌ها رعایت می‌کنند. مهارت، معیاری است که به توانایی فنی و تخصصی پرسنل در انجام وظایف مرتبط با کارهای تولیدی اشاره دارد. معیار مدیریت پذیری، توانایی پرسنل در همکاری با دیگران، مدیریت زمان و تعامل مؤثر با سایر اعضای تیم را سنجیده و ارزیابی می‌کند. و در نهایت، معیار تخصص به توانایی پرسنل در حوزه‌ی خاصی از تخصص و دانش تخصصی اشاره می‌کند. با استفاده از روش TOPSIS، این مقاله به شما امکان می‌دهد تا با ارزیابی جامع و شیوه محور عملکرد پرسنل بر اساس معیارهای گوناگون، بهترین پرسنل را در شرکت تولیدی قطعه سازی شایان شناسایی کنید. این ارزیابی می‌تواند به مدیران و تصمیم‌گیران در اتخاذ تصمیم‌های استراتژیک مربوط به پرسنل، ارتقاء کیفیت و بهره‌وری کارکنان، و بهبود عملکرد سازمان کمک کند.

مراحل اجرای الگوریتم TOPSIS:

۱. تعیین معیارها
۲. تعیین درجه اهمیت (وزن) معیارها
۳. ساخت ماتریس ارزیابی (گزینه - معیار)
۴. وزن دهی معیارها
۵. نرمالسازی ماتریس
۶. محاسبه فاصله ایده آل مثبت و منفی از گزینه‌ها
۷. محاسبه معیار رتبه‌بندی
۸. رتبه‌بندی

¹. Opricovic, Tzeng

هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی تعداد ۷۸ نفر از کارکنان شرکت قطعه‌سازی شایان با معیارهای مشخص شده و استفاده از روش TOPSIS می‌باشد. به این منظور گام به گام مراحل اجرایی الگوریتم را پیاده‌سازی می‌کنیم، اما قبل از آن به ویژگی‌های نفرات مورد مطالعه و تعاریف معیارها می‌پردازیم.

مورد مطالعه ۷۸ نفر از کارکنان مستقیم تولید با سوابق و تجربه‌های متفاوت در پرسکاری و مونتاژ کاری قطعات فلزی می‌باشد و رده سنی آنها از ۲۲ سال تا ۴۵ سال بوده و جنسیت همه آنها مذکر است.

راندمن: میزان عملکرد پرسنل تولیدی، مطابق برنامه زمان سنجی استاندارد ارائه شده توسط واحد برنامه‌ریزی برای هر فرآیند می‌باشد که توسط همان واحد ثبت، بررسی و انحراف آن اعلام می‌شود.

ضایعات: منظور از ضایعات، تعداد قطعات معیوب تولید شده توسط پرسنل به علت خطای انسانی بوده که توسط واحد کیفیت شناسایی، بررسی و اعلام می‌شود.

تاخیر: بمنظور ایجاد انطباق و نظم در حضور به موقع پرسنل تولید می‌باشد که توسط واحد اداری ثبت، کنترل و گزارش آن ارائه می‌شود.

غیبت: تعریف غیبت، یعنی عدم حضور پرسنل تولیدی، بدون هماهنگی قبلی با مسئولین مربوطه است که توسط واحد اداری ثبت، کنترل و گزارش آن ارائه می‌شود.

مهارت: توانایی انجام دادن امور محوله ای که قبلاً آموزش داده شده و توسط مافوق تعیین می‌شود که در صورت عدم توانایی با نظر مدیر تولید مطابق دستورالعمل ذیل، امتیاز دهی می‌شود (ضعیف، متوسط، نسبتاً خوب، خوب و عالی) که به ترتیب نمره ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ امتیاز در سیستم ارزیابی لحاظ می‌شود. این گزارش بصورت مستقیم از مدیر تولید دریافت و در رتبه‌بندی لحاظ می‌شود.

مدیریت پذیری: شامل تمکین، متابعت، فرمان برداری، خشوع، حرف شنوی از مسئول مربوطه بوده که با نظر مدیر تولید مطابق راهکار زیر، امتیاز دهی می‌شود. (ضعیف، متوسط، نسبتاً خوب، خوب و عالی) که به ترتیب نمره ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ امتیاز در سیستم ارزیابی لحاظ می‌شود. این گزارش بصورت مستقیم از مدیر تولید دریافت و در رتبه‌بندی لحاظ می‌شود.

تخصص: میزان آشنایی و توانایی انجام فعالیت‌های گوناگون آموزش داده شده در حوزه‌های گوناگون امور مربوط به تولید می‌باشد که با نظر مدیر کارخانه، مدیرتولید و مدیر برنامه‌ریزی و براساس راهکار مشخص شده، امتیازدهی می‌شود (ضعیف، متوسط، نسبتاً خوب، خوب و عالی) که به ترتیب ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ امتیاز در سیستم ارزیابی لحاظ می‌شود. این گزارش به صورت مستقیم از مدیر کارخانه دریافت و در رتبه‌بندی لحاظ می‌شود.

تئوری فازی، عدد فازی و عملگرهای ریاضی در اعداد فازی

در سال ۱۹۶۵، پروفیسور لطفعلی عسگرزاده برای نخستین بار تئوری مجموعه‌های فازی را به طور رسمی مطرح کرد. این تئوری به عنوان راهنمایی برای حل مسائل نامعین، که به دلیل داده‌های غیردقیق بوجود آمده‌اند، استفاده می‌شود. نظریه مجموعه‌های فازی به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا ترجیحات خود را با استفاده از اصطلاحات زبانی (مثلاً "بسیار خوب"، "ضعیف") بیان کنند که سپس برای تجزیه و تحلیل به اعداد فازی تبدیل می‌شوند (کهرمان و سیبی^۱ ۲۰۱۴). با استفاده از مفاهیم مجموعه‌های فازی، امکان ورود ابهامات و احساسات تصمیم‌گیران به متغیرهای بیانی وجود دارد. متغیرهای بیانی متغیرهایی هستند که مقادیر آن‌ها کلمات یا جملاتی هستند که در زبان طبیعی وجود دارند و اعداد نیستند. با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی، می‌توان متغیرهای بیانی را به صورت کمی مدل‌سازی کرده و استفاده کرد. (سقایی و خلیلو، ۱۳۹۱ و غضنفری و رضایی، ۱۳۸۹). عدد فازی استفاده شده در این نمونه عدد فازی مثلثی است که به صورت یک مجموعه سه تایی (l, m, u) تعریف می‌شود که l حد پایین عدد فازی؛ m حد وسط عدد فازی و u حد بالای عدد فازی است (غضنفری و رضایی، ۱۳۸۹).

^۱. Kahraman, Cebi

اگر دو عدد مثلثی $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ را داشته باشیم، عملگرهای ریاضی آن به صورت روابط ۱ و ۲ و ۳ تعریف می‌شوند (عالم تبریز و باقرزاده، ۱۳۸۸ و غضنفری و رضایی، ۱۳۸۹).

رابطه ۱)

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

رابطه ۲)

$$M_1 \times M_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$$

رابطه ۳)

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right)$$

روایی و پایایی

روایی و پایایی^۱ هر دو مفاهیمی آماری هستند و اصلاً در حوزه تصمیم‌گیری چندمعیاره راهی ندارند. مقایسات زوجی^۲ فقط یک ماتریس ریاضی است و معنای پرسش‌نامه آماری ندارد و چون پرسش‌نامه نیست روایی و پایایی برای ماتریس مقایسه زوجی معنایی ندارد. برای سنجش منطقی بودن مقایسات زوجی فقط از نرخ ناسازگاری استفاده می‌شود (حبیبی و آفریدی (۱۴۰۱)). برای تهیه پرسش‌نامه از روش مقایسه زوجی استفاده می‌شود، یعنی عناصر موجود دو به دو باهم مقایسه می‌شوند. برای این منظور معمولاً مقایسه زوجی براساس طیف ۹ درجه ساعتی^۳ انجام می‌شود. اگر دو عنصر هم اهمیت باشند عدد ۱ انتخاب می‌شود. در مقایسه زوجی عناصر قانونی وجود دارد که شرط معکوسی نامیده می‌شود (حبیبی، ایزدیار، سرافرازی (۱۳۹۳)). این مقیاس از ۹/۱ برای «کم‌ترین مقدار از»، تا ۱ برای «برابر» و تا ۹ برای «مطلقاً مهم‌تر از» متغیر است که کل طیف مقایسه را پوشش می‌دهد (وایدی و کومار ۲۰۰۶). پایایی این پژوهش بر اساس نرخ ناسازگاری بررسی می‌شود که همواره باید از ۰/۱ کمتر باشد. روایی صوری و محتوایی پرسش‌نامه توسط متخصصین تأیید شد و باتوجه به نرخ ناسازگاری پرسش‌نامه (کم‌تر از ۰/۱)، ابزار پژوهش از اعتبار و پایایی مناسب برخوردار بود.

نرخ ناسازگاری

برای حل مدل‌های سلسله مراتبی و یا شبکه ای، ابتدا باید مقایسات زوجی در قالب یک ماتریس تشکیل شود این مقایسات زوجی بعد از پاسخگویی توسط خبرگان باید از نظر پایایی مورد بررسی قرار گیرند در این روش نرخ بنام نرخ ناسازگاری^۴ مطرح می‌شود که این نرخ همواره باید از ۰/۱ کمتر شود این نرخ به صورت محاسبات دستی قابل محاسبه است، اما دو نرم افزار سوپر دسیژن^۵ و اکسپرت چویس^۶ به راحتی این دو نرخ را محاسبه می‌کنند، اما اگر محیط قطعی تبدیل به فازی شود می‌توان با استفاده از الگوریتم گوگوس و بوچر که در سال ۱۹۹۸ ارائه دادند برای محاسبه نرخ ناسازگاری استفاده کرد. در روش فازی ماتریس مقایسات زوجی باید سازگار باشند تا آن مقایسه زوجی قابل قبول باشد. برای محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی از روش گوگوس و بوچر استفاده کرده‌ایم. نرخ ناسازگاری یکی از پارمترهای مهم در مقایسات زوجی است این نرخ بیان می‌کند که آیا می‌توان به مقایسات اعتماد کرد یا خیر و یا اینکه مقایسات زوجی از اعتباری مناسب برخوردار هستند یا خیر (کاشانی، امینی خوزانی، هاشمی، ۱۴۰۳). این نرخ همواره باید از ۰/۱ کوچک‌تر باشد. گوگوس و بوچر (۱۹۹۸) پیشنهاد دادند برای بررسی سازگاری، دو ماتریس (عدد میانی و حدود عدد فازی) از هر ماتریس فازی مشتق و سپس سازگاری هر ماتریس بر اساس روش ساعتی محاسبه شود.

1. Validity & Reliability

2. Pairwise Comparison

3. Saaty

4. Consistency Ratio

5. Super Decision

6. Expert Choice

روش محاسبه نرخ سازگاری

روشی گوگوس و بوچر (۱۹۹۸) برای محاسبه نرخ ناسازگاری در مقایسات زوجی فازی شامل مراحل زیر می‌باشند:

گام ۱: ابتدا ماتریس فازی اعداد فازی را به دو ماتریس مستقل تبدیل می‌شوند.

فرض کنید یک عدد فازی به صورت زیر است:

$$A_i = (l_i, m_i, u_i)$$

ابتدا اعداد میانی در ماتریس فازی را جدا می‌کنیم:

$$A^m = [a_{ijm}]$$

ماتریس A_m از مقادیر میانی ترجیحات خبرگان تشکیل می‌شود.

سپس از اعداد پایینی و بالایی ماتریس فازی میانگین هندسی می‌گیریم:

$$\left(\prod_{i=1}^n a_i \right)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1, a_2, \dots, a_n}$$

ماتریس دوم شامل میانگین هندسی حدود بالا و پایین اعداد مثلثی می‌باشد.

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

گام ۲: محاسبه بردار وزن بر اساس روش ساعتی و محاسبه لاندا ماکس

بردار وزن هر ماتریس را با استفاده از روش ساعتی به ترتیب زیر محاسبه می‌کنیم.

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

بزرگ‌ترین مقدار ویژه برای هر ماتریس از راه زیر محاسبه می‌شود.

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

گام ۳: محاسبه شاخص سازگاری (CI): برای هر ماتریس مقدار CI بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CIg = \frac{\lambda_{max}^g - n}{(n-1)}$$

$$CI_m = \frac{\lambda_{max}^m - n}{(n-1)}$$

گام ۴: محاسبه نرخ ناسازگاری (CR): برای محاسبه آن شاخص سازگاری بر شاخص مقادیر تصادفی (RI) تقسیم می‌شود:

$$CRg = \frac{CIg}{RIg}$$

$$CRm = \frac{CI_m}{RI_m}$$

در پایان دو نرخ ناسازگاری وجود خواهد داشت که با CRm و CRg نمایش داده می‌شود. اگر مقادیر هر دو کمتر از ۰/۱ بود ماتریس مقایسه زوجی سازگار است. اگر هر دو روش، نرخ ناسازگاری را بالای ۰/۱ نشان دهد باید با تجدید نظر در نتایج از

خبرگان خواسته شود مجدداً ماتریس‌ها را تکمیل کنند. همچنین، حتی اگر یکی از دو مقدار هم از آستانه ۰/۱ بزرگ‌تر باشد توصیه اکید آن است که مقایسه‌ها از نو انجام شود.

تعیین معیارها: ابتدا معیارهای ارزیابی مورد نیاز توسط تیم خبرگان که متشکل از مدیر کارخانه، مدیر اداری، مدیر برنامه ریزی، مدیر کیفیت و مدیر تولید است تعیین می‌شود و سود و هزینه آن بر اساس ماهیت منفعت و یا زیان مطابق جدول ۱ تعیین می‌شود. توجه شود که این معیارها با هدف‌ها و الزامات شرکت همسو می‌باشد.

جدول ۱. معیارهای سود و هزینه

سود (+)	هزینه (-)	هزینه (-)	هزینه (-)	سود (+)	سود (+)	سود (+)
راندمان	ضایعات	تاخیر	غیبت	مهارت	مدیریت پذیری	تخصص

تعیین درجه اهمیت (وزن) معیارها: در این مرحله، به هر معیار یک وزن نسبت داده می‌شود که نشان دهنده اهمیتی نسب آن در ارزیابی است. وزن‌دهی معیارها می‌تواند بر اساس تجربه، نظر کارشناسان یا روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۱ انجام شود. برای اعطای اهمیت نسبی به معیارها، باید وزن‌های آنها را تعیین کنید. وزن‌ها معمولاً بر اساس اهمیت معیارها در تصمیم‌گیری توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شوند. برای مثال، اگر معیار راندمان برای شما بسیار مهم‌تر از سایر معیارها باشد، به آن وزنی بیش‌تر اختصاص دهید. در این پژوهش با فرض اینکه میان معیارهای تعیین شده وابستگی وجود ندارد، معیارها را از راه مقایسه‌های زوجی و اعداد فازی (مجموعه متغیرهای بیانی) بر اساس جدول ۲ با یکدیگر مقایسه و درجه اهمیت – وزن هر یک از معیارها را بر اساس روش تحلیل توسعه‌ای چانگ که در ادامه توضیح داده خواهد شد بدست آورید.

جدول ۲. عبارات کلامی و اعداد فازی جهت وزن دهی به معیارها

متغیرهای بیانی برای مقایسه‌های عوامل و زیرعوامل	متغیرهای بیانی برای مقایسه های اترناتیوها	مقیاس فازی مثلثی	معکوس مقیاس فازی مثلثی
ترجیح یکسان	یکسان	(1,1,1)	(1,1,1)
ترجیح ضعیف	ضعیف	$(\frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2})$	$(\frac{2}{3}, \frac{1}{2}, 2)$
ترجیح متوسط	مناسب	$(1, \frac{3}{2}, 2)$	$(\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, 1)$
ترجیح خوب	خوب	$(\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2})$	$(\frac{2}{5}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3})$
ترجیح عالی	عالی	$(2, \frac{5}{2}, 3)$	$(\frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{1}{2})$

روش تحلیل توسعه ای چانگ^۲

این روش یک روش تحلیلی است که برای بدست آوردن وزن‌های ماتریس مقایسه‌های زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی معرفی شده است. در سال ۱۹۸۳، دو پژوهشگر هلندی به نام‌های لاره‌ورن و پدریک یک روش برای بدست آوردن وزن‌های ماتریس مقایسه‌های زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارائه کردند. این روش بر مبنای روش حداقل مجذورهای لگاریتمی بود، اما پیچیدگی محاسباتی آن باعث شد که مورد استفاده چندانی قرار نگیرد. سال‌ها بعد روشی توسط یک پژوهشگر چینی

^۱. Analytical Hierarchy process

^۲. Chang's Extension Analysis

به نام چانگ در سال ۱۹۹۶ ارائه شد. در روش تحلیل توسعه ای چانگ، اعداد مثلثی فازی برای مقایسه گروهها استفاده می شوند. این اعداد مثلثی فازی برای نشان دادن درجه اهمیت گروهها و تاثیر آنها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده می شوند. این اعداد مثلثی فازی شامل سه عضو مثلثی است که به ترتیب نشان دهنده مقادیر کم، متوسط و زیاد برای درجه اهمیت یک گروه است (عالم تبریز و باقرزاده، ۱۳۸۸).

روش تحلیل توسعه ای چانگ به طور خلاصه به صورت زیر عمل می کند:

۱. تعیین ماتریس مقایسه های زوجی برای گروهها بر اساس دانش و تجربه خود.
 ۲. تبدیل ماتریس مقایسه های زوجی به ماتریس ترجیحی فازی با استفاده از اعداد مثلثی فازی.
 ۳. محاسبه بردار وزن ها بر اساس روش تحلیل توسعه ای چانگ.
 ۴. ارزیابی و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی.
- مزیت اصلی روش تحلیل توسعه ای چانگ نسبت به روش لارسن و پدریک این است که پیچیدگی محاسباتی آن کم تر است و در نتیجه می تواند برای مسائل بزرگ تر و پیچیده تری مورد استفاده قرار بگیرد.

مراحل روش چانگ

مرحله نخست: در روش تحلیل توسعه ای چانگ، شامل محاسبه مقادیر S_k برای هر یک از سطرها ی ماتریس مقایسه های زوجی است. مقادیر S_k نیز یک عدد فازی مثلثی هستند و با استفاده از رابطه ی ۴ محاسبه می شوند.

رابطه ۴)

$$S_k = \sum_{j=1}^m M_{kj} \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij} \right]^{-1}$$

ب K یانگر شماره سطر، z و i به ترتیب نشان دهنده گزینه ها (ستون ها) و شاخص ها (سطرها) هستند. برای محاسبه S_k عملیات زیر انجام می شود:

رابطه ۵)

$$\sum_{j=1}^m M_{kj} = \left(\sum_{j=1}^m l_{kj}, \sum_{j=1}^m m_{kj}, \sum_{j=1}^m u_{kj} \right)$$

رابطه ۶)

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij}} \right)$$

مرحله دوم: در این مرحله پس از محاسبه S_k ها، باید درجه بزرگی آنها در مقایسه با هم بدست آوریم. به طور کلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2 با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان داده می شود و از رابطه ۷ بدست می آید.

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & \text{if } m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه ۷)}$$

رابطه ۸)

$$\text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)}$$

مقدار بزرگی یک عدد فازی مثلثی از K عدد فازی مثلثی دیگر را می توان از رابطه ۹ بدست آورد:

رابطه ۹)

$$V(M_1 \geq M_2, \dots, M_K) = V(M_1 \geq M_2), \dots, V(M_1 \geq M_K)$$

مرحله سوم: برای به دست آوردن وزن شاخص ها در ماتریس مقایسه های زوجی به صورت رابطه ۱۰ عمل می شود:

رابطه ۱۰)

$$W'(x_i) = \min \{ V(S_i \geq S_k) \} \quad k = 1, 2, \dots, n \quad k \neq i$$

بنابراین، بردار وزن شاخص ها از رابطه ۱۱ بدست می آید:

رابطه ۱۱)

$$W'(x_i) = [W'(c_1), W'(c_2), \dots, W'(c_n)]^T$$

که همان بردار ضرایب غیرنرمال فرایند تحلیل شبکه ای فازی است و به کمک رابطه ۱۲ نتایج غیرنرمال بدست آمده از رابطه ۱۱، نرمال می شود.

رابطه ۱۲)

$$W_i = \frac{W'_i}{\sum W'_i}$$

از این روش برای به دست آوردن وزن شاخص ها استفاده می شود (ارجینل و سنتورک^۱، ۲۰۱۱؛ سوکیل و همکاران، ۲۰۱۲؛ اوزداگوğlu^۲، ۲۰۱۲؛ سقایی و خلیلو، ۱۳۹۱ و مومنی، صفری، ملکی و حسان، ۱۳۸۸).

برای رسیدن نتیجه نهایی و میانگین گیری از نظرهای خبرگان و تصمیم گیرندگان، از روش میانگین هندسی رابطه ۱۳ استفاده می شود (عزیزی و روغنیان، ۱۳۸۸) و دوباره مطابق رابطه ۱۲ نتایج نرمالیزه می شود.

رابطه ۱۳)

$$\left(\prod_{i=1}^n a_i \right)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1, a_2, \dots, a_n}$$

¹. Ergine & Şentürk

². Özdağoğlu

نمونه کاربردی رتبه‌بندی به روش Topsis

گام نخست

پس از بررسی و تشکیل جلسه با حضور خبرگان و با توجه به اهداف شرکت تولیدی قطعه‌سازی شایان، معیارهایی مانند راندمان، غیبت، تاخیر، مهارت، مدیریت پذیری و تخصص به عنوان معیارهای ارزیابی پرسنل در نظر گرفته شد و سود و هزینه آن بر اساس ماهیت منفعت و یا زیان مطابق جدول ۱ تعیین شد.

گام دوم

تعیین درجه اهمیت (وزن) معیارها معیارها را با ابزار پرسش‌نامه و از راه مقایسه‌های زوجی و اعداد فازی (مجموعه متغیرهای بیانی) براساس جدول ۲ با یکدیگر مقایسه و پس از محاسبه نرخ ناسازگاری هر پرسش‌نامه که میبایست زیر ۰/۱ باشد، درجه اهمیت - وزن هر یک از معیارها را بر اساس روش تحلیل توسعه‌ای چانگ محاسبه کرده ایم که مطابق جدول ۳ می‌باشد.

$$W = [W_1, W_2, \dots, W_N]$$

جدول ۳. درجه اهمیت (وزن) معیارها

علائم	معیار	وزن
W1	راندمان	۰/۰۶۱۹۲۸۳۴
W2	ضایعات	۰/۹۳۴۱۹۵۶۹
W3	تاخیر	۰/۰۰۰۰۰۰۱۱
W4	غیبت	۰/۰۰۲۰۹۵۳۶
W5	مهارت	۰/۰۰۰۰۰۰۱۰
W6	مدیریت پذیری	۰/۰۰۱۳۶۶۳۱
W7	تخصص	۰/۰۰۰۴۱۴۰۹

در این پژوهش نرخ ناسازگاری برای تمام پرسش‌نامه‌ها در مراحل گوناگون انجام شد و مقادیر CRm و CRg کم‌تر از ۰/۱ بود و تمامی ماتریس‌های مقایسه زوجی سازگار است.

گام سوم

ساخت ماتریس ارزیابی (گزینه - معیار): در این مرحله، نتایج ارزیابی براساس معیارها برای هر پرسنل در یک ماتریس ثبت می‌شوند. این ماتریس شامل امتیازهایی است که نشان‌دهنده عملکرد پرسنل در هر معیار است. سپس داده‌های مربوط به هر پرسنل بر اساس معیارهای تعیین شده مطابق جدول ۴ استخراج می‌شود و در یک ماتریس گزینه - معیار قرار می‌گیرد. به علت کوتاه کردن مطلب در اینجا فقط اطلاعات ۲۵ نفر از ۷۸ نفر پرسنل تولیدی ارائه شده است.

جدول ۱. ماتریس ارزیابی گزینه - معیار

ردیف	علائم	کد پرسنل	نام و نام خانوادگی	راندمان	ضایعات	تاخیر	غیبت	مهارت	مدیریت پذیری	تخصص
				i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7
۱	j_1	۱۶	ت-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۱۰
۲	j_2	۱۹۹	د-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۸
۳	j_3	۲۱۸	س-ت	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۸
۴	j_4	۲۴۳	م-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۱۰
۵	j_5	۲۶۲	م-ه	۱۰	۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰
۶	j_6	۲۶۹	س-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۱۰
۷	j_7	۲۹۱	ب-ی	۱۰	۰	۰	۰	۰	۱۰	۹
۸	j_8	۳۱۷	م-ی	۱۰	۰	۰	۰	۹	۱۰	۶
۹	j_9	۴۴۵	س-ی	۱۰	۰	۰	۰	۹	۱۰	۹
۱۰	j_{10}	۴۵۳	ص-ی	۸/۶	۰	۰	۰	۸	۱۰	۷
۱۱	j_{11}	۶۷۹	ا-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۸
۱۲	j_{12}	۸۲۱	ا-ی	۹/۸	۱	۰	۰	۱۰	۱۰	۸
۱۳	j_{13}	۸۲۳	ح-ی	۹/۹	۰	۰	۰	۷	۱۰	۶
۱۴	j_{14}	۸۴۴	ا-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۹
۱۵	j_{15}	۹۲۰	س-ی	۹/۵	۰	۰	۰	۷	۱۰	۷
۱۶	j_{16}	۹۳۴	ب-ر	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۹
۱۷	j_{17}	۱۰۵۰	م-ی	۱۰	۰	۰	۰	۹	۱۰	۱۰
۱۸	j_{18}	۱۳۳۲	ع-ی	۱۰	۱	۱	۰	۱۰	۱۰	۹
۱۹	j_{19}	۱۳۴۶	ا-ر	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۷
۲۰	j_{20}	۱۳۷۵	ک-ه	۱۰	۰	۰	۱	۱۰	۱۰	۹
۲۱	j_{21}	۱۴۶۶	م-ی	۸/۶	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۹
۲۲	j_{22}	۱۵۲۰	م-ی	۱۰	۰	۰	۰	۸	۱۰	۷
۲۳	j_{23}	۱۵۴۳	ح-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۹
۲۴	j_{24}	۱۶۵۹	ه-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۱۰
۲۵	j_{25}	۱۶۷۶	ر-ی	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۷
جمع		$\sum_{i=1}^n x_{ij}$		۷۷۱	۱۱/۱	۲	۰/۱	۶۸۳	۷۵۱	۵۹۸

گام چهارم

وزن دهی معیارها: وزن های تعیین شده را با داده های در ماتریس ضرب می کنیم. این کار باعث می شود که معیارهای با اهمیت بیش تر در تصمیم گیری، بیش ترین تأثیر را داشته باشند مطابق جدول ۵، قبل از اعمال نرمال سازی، ماتریس ارزیابی در وزن معیارها ضرب می شود.

$$W_{ij} = w_j x_{ij} \quad j = (1, 2, \dots, m) \quad i = (1, 2, \dots, n)$$

جدول ۵. ماتریس وزن دار شده گزینه - معیار

ردیف	واحد	کد پرسنل	نام و نام خانوادگی	راندمان	ضایعات	تاخیر	غیبت	مهارت	مدیریت پذیری	تخصص
۱	سبک	۱۶	ت-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۲	مونتاژ	۱۹۹	د-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۳	مونتاژ	۲۱۸	س-ت	۰/۶۱۹	۰/۰۹۳	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳
۴	سبک	۲۴۳	م-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۵	راننده لیفتراک	۲۶۲	م-ه	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۶	قالب بند	۲۶۹	س-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۷	راننده لیفتراک	۲۹۱	ب-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۸	مونتاژ	۳۱۷	م-ی	۰/۶۱۳	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲
۹	سبک	۴۴۵	س-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۱۰	سبک	۴۵۳	ص-ی	۰/۶۱۳	۱/۸۶۸	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳
۱۱	مونتاژ	۶۷۹	ا-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳
۱۲	سبک	۸۲۱	ا-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳
۱۳	مونتاژ	۸۲۳	ح-ی	۰/۶۱۴	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲
۱۴	سنگین	۸۴۴	ا-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۱۵	سبک	۹۲۰	س-ی	۰/۵۹۵	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳
۱۶	سبک	۹۳۴	ب-ر	۰/۶۱۳	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۱۷	قالب بند	۱۰۵۰	م-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۱۸	سبک	۱۳۳۲	ع-ی	۰/۶۰۷	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۱۹	برشکاری	۱۳۴۶	ا-ر	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳
۲۰	سنگین	۱۳۷۵	ک-ه	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۲۱	سبک	۱۴۶۶	م-ی	۰/۶۰۷	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۲۲	مونتاژ	۱۵۲۰	م-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳
۲۳	سنگین	۱۵۴۳	ح-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۲۴	قالب بند	۱۶۵۹	ه-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴
۲۵	مونتاژ	۱۶۷۶	ر-ی	۰/۶۱۹	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳
جمع				۴۷/۷۴	۱۰/۳۷	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۷	۱/۰۲۶	۰/۲۴۸

ام پنجم

نرمال سازی ماتریس: در این مرحله، ماتریس ارزیابی نرمال سازی می شود تا باعث از بین بردن تفاوت در مقیاس های گوناگون معیارها شود. برای این کار از رابطه زیر استفاده می شود که هر عدد تقسیم بر مجموع ستونی می شود. سپس با استفاده از روش های نرمال سازی روش مین مکس (Max/Min)^۱ یا روش زیبل (Z-score)^۲ انجام شود. روشی که در این پژوهش استفاده شده مطابق جدول ۶ روش (Max/Min) می باشد.

$$I_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

^۱. maximum and minimum

^۲. z-score: z = data point – mean standard deviation

جدول ۶. ماتریس نرمالیز شده گزینه - معیار

ردیف	واحد	کد پرسنل	نام و نام خانوادگی	راندمان	ضایعات	تاخیر	غیبت	مهارت	مدیریت پذیری	تخصص
۱	سبک	۱۶	ت-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۶۷
۲	مونتاژ	۱۹۹	د-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۳	مونتاژ	۲۱۸	س-ت	۰/۰۱۳۰	۰/۰۰۹۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۳۴
۴	سبک	۲۴۳	م-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۶۷
۵	راننده لیفتراک	۲۶۲	م-ه	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۶۷
۶	قالب بند	۲۶۹	س-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۶۷
۷	راننده لیفتراک	۲۹۱	ب-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۸	مونتاژ	۳۱۷	م-ی	۰/۰۱۲۸	۰	۰	۰	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۰۰
۹	سبک	۴۴۵	س-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۱۰	سبک	۴۵۳	ص-ی	۰/۰۱۲۸	۰/۱۸۰۲	۰	۰	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۱۷
۱۱	مونتاژ	۶۷۹	ا-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۳۴
۱۲	سبک	۸۲۱	ا-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۳۴
۱۳	مونتاژ	۸۲۳	ح-ی	۰/۰۱۲۹	۰	۰	۰	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۰۰
۱۴	سنگین	۸۴۴	ا-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۱۵	سبک	۹۲۰	س-ی	۰/۰۱۲۵	۰	۰	۰	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۱۷
۱۶	سبک	۹۳۴	ب-ر	۰/۰۱۲۸	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۱۷	قالب بند	۱۰۵۰	م-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۶۷
۱۸	سبک	۱۳۳۲	ع-ی	۰/۰۱۲۷	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۱۹	برشکاری	۱۳۴۶	ا-ر	۰/۰۱۳۰	۰	۰/۲۵۰۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۱۷
۲۰	سنگین	۱۳۷۵	ک-ه	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۲۱	سبک	۱۴۶۶	م-ی	۰/۰۱۲۷	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۲۲	مونتاژ	۱۵۲۰	م-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۱۷
۲۳	سنگین	۱۵۴۳	ح-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۱
۲۴	قالب بند	۱۶۵۹	ه-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۶۷
۲۵	مونتاژ	۱۶۷۶	ر-ی	۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۱۷
	Ij+ ماکزیمم سود و مینیمم هزینه			۰/۰۱۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۵۰	۰/۰۰۷۰	۰/۰۱۷۰
	Ij- ماکزیمم هزینه و مینیمم سود			۰/۰۰۹	۰/۲۷۰	۰/۵۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸

- برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده آل مثبت^۱ بزرگترین مقدار آن معیار و ایده آل منفی^۲ کوچکترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده آل مثبت کوچکترین مقدار آن معیار و ایده آل منفی بزرگترین مقدار آن معیار است.

^۱. positive ideal solution^۲. negative ideal solution

گام ششم

محاسبه فاصله ایده آل مثبت و منفی از گزینه ها : در این مرحله، نقاط ایده آل و نامطلوب براساس معیارها و وزن هایشان محاسبه و در جدول ۷ لحاظ می شوند. نقطه ایده آل بیانگر مقادیر بیشینه مطلوب هر معیار و نقطه نامطلوب بیانگر مقادیر کمینه نامطلوب است. در این مرحله فاصله هر گزینه از ایده آل مثبت و منفی با رابطه زیر محاسبه می شود:

$$di^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (I_{ij} - I_{j+})^2} \quad di^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (I_{ij} - I_{j-})^2}$$

جدول ۷. فاصله هر گزینه تا ایده آل مثبت و منفی

ردیف	واحد	کد پرسنل	نام و نام خانوادگی	di+	di-
۱	سبک	۱۶	ت-ی	۰	۱/۱۵۰
۲	مونتاز	۱۹۹	د-ی	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۳	مونتاز	۲۱۸	س-ت	۰/۰۱۰	۱/۱۴۸
۴	سبک	۲۴۳	م-ی	۰	۱/۱۵۰
۵	راننده لیفتراک	۲۶۲	م-ه	۰/۰۱۰	۱/۱۵۰
۶	قالب بند	۲۶۹	س-ی	۰	۱/۱۵۰
۷	راننده لیفتراک	۲۹۱	ب-ی	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۸	مونتاز	۳۱۷	م-ی	۰/۰۰۷	۱/۱۵۰
۹	سبک	۴۴۵	س-ی	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۱۰	سبک	۴۵۳	ص-ی	۰/۱۸۰	۱/۱۲۲
۱۱	مونتاز	۶۷۹	ا-ی	۰/۰۰۳	۱/۱۵۰
۱۲	سبک	۸۲۱	ا-ی	۰/۰۰۳	۱/۱۵۰
۱۳	مونتاز	۸۲۳	ح-ی	۰/۰۰۷	۱/۱۵۰
۱۴	سنگین	۸۴۴	ا-ی	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۱۵	سبک	۹۲۰	س-ی	۰/۰۰۶	۱/۱۵۰
۱۶	سبک	۹۳۴	ب-ر	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۱۷	قالب بند	۱۰۵۰	م-ی	۰	۱/۱۵۰
۱۸	سبک	۱۳۳۲	ع-ی	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۱۹	برشکاری	۱۳۴۶	ا-ر	۰/۲۵۰	۱/۰۶۶
۲۰	سنگین	۱۳۷۵	ک-ه	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۲۱	سبک	۱۴۶۶	م-ی	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۲۲	مونتاز	۱۵۲۰	م-ی	۰/۰۰۶	۱/۱۵۰
۲۳	سنگین	۱۵۴۳	ح-ی	۰/۰۰۲	۱/۱۵۰
۲۴	قالب بند	۱۶۵۹	ه-ی	۰	۱/۱۵۰
۲۵	مونتاز	۱۶۷۶	ر-ی	۰/۰۰۵	۱/۱۵۰

گام هفتم

محاسبه معیار رتبه بندی : در این مرحله، با استفاده از فاصله هر پرسنل تا نقاط ایده آل مثبت و منفی، امتیاز نهایی برای هر پرسنل محاسبه می شود. عموماً امتیاز نهایی براساس نسبت فاصله پرسنل تا ایده آل منفی به جمع فاصله پرسنل تا ایده آل مثبت و منفی براساس رابطه زیر محاسبه می شود و سپس معیار رتبه بندی برای گزینه ها را در جدول ۸ نشان می دهد.

$$\eta_i = \frac{di^-}{di^+ + di^-}$$

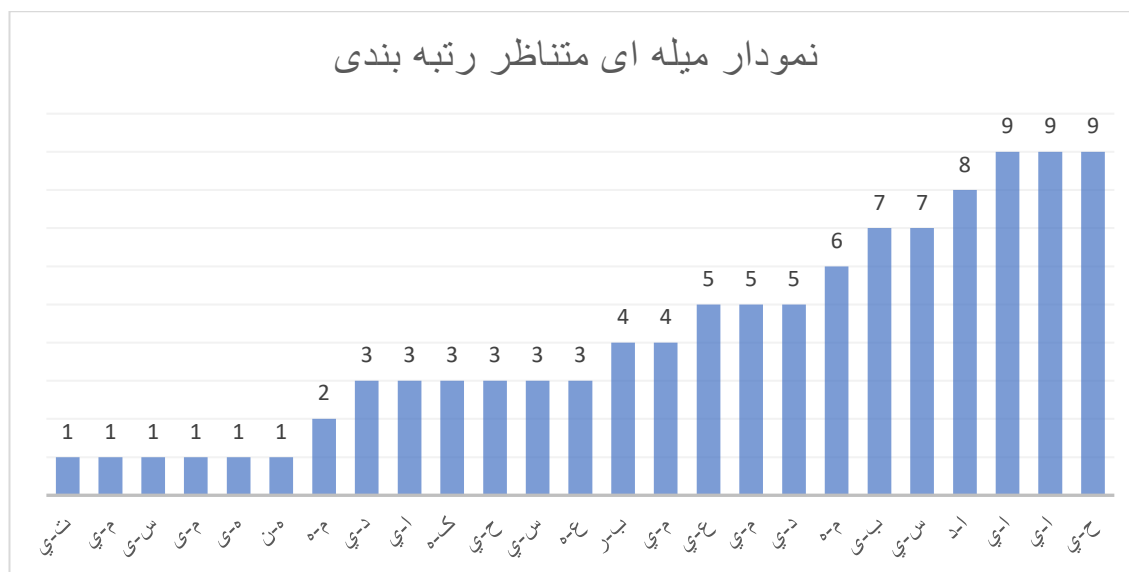
توجه داشته باشید که همواره $0 \leq \eta_i \leq 1$ می باشد. اگر $\eta_i = 0$ باشد در نتیجه $di^- = 0$ ، یعنی گزینه i -ام روی ایده آل منفی قرار دارد و اگر $\eta_i = 1$ باشد در نتیجه $di^+ = 1$ یعنی گزینه i -ام روی ایده آل مثبت واقع شده است. هرچه قدر η به عدد ۱ نزدیک تر باشد، رتبه ای بهتر دارد.

جدول ۸. معیار رتبه بندی گزینه ها و رتبه هر گزینه

ردیف	واحد	شماره	نام و نام خانوادگی	η	رتبه سازمانی	رتبه در واحد
۱	سبک	۱۶	ت-ی	۱/۰۰۰	۱	۱
۲	سبک	۲۴۳	م-ی	۱/۰۰۰	۱	۱
۳	قالب بند	۲۶۹	س-ی	۱/۰۰۰	۱	۱
۴	قالب بند	۱۰۵۰	م-ی	۱/۰۰۰	۱	۱
۵	قالب بند	۱۶۵۹	ه-ی	۱/۰۰۰	۱	۱
۶	سنگین	۱۹۲۹	ه-ن	۱/۰۰۰	۱	۱
۷	راننده لیفتراک	۲۶۲	م-ه	۰/۹۹۸۷	۲	۱
۸	مونتاژ	۱۹۹	د-ی	۰/۹۹۸۵	۳	۱
۹	سنگین	۸۴۴	ا-ی	۰/۹۹۸۵	۳	۲
۱۰	سنگین	۱۳۷۵	ک-ه	۰/۹۹۸۵	۳	۲
۱۱	سنگین	۱۵۴۳	ح-ی	۰/۹۹۸۵	۳	۲
۱۲	سنگین	۱۸۹۶	س-ی	۰/۹۹۸۵	۳	۲
۱۳	سبک	۲۳۲۰	ع-ه	۰/۹۹۸۵	۳	۲
۱۴	سبک	۹۳۴	ب-ر	۰/۹۹۸۵	۴	۳
۱۵	سبک	۲۳۰۱	م-ی	۰/۹۹۸۵	۴	۳
۱۶	سبک	۱۳۳۲	ع-ی	۰/۹۹۸۵	۵	۴
۱۷	سبک	۱۴۶۶	م-ی	۰/۹۹۸۵	۵	۴
۱۸	سنگین	۳۰۹۱	د-ی	۰/۹۹۸۵	۵	۳
۱۹	سنگین	۲۳۸۸	م-ه	۰/۹۹۸۵	۶	۴
۲۰	راننده لیفتراک	۲۹۱	ب-ی	۰/۹۹۸۱	۷	۲
۲۱	سبک	۴۴۵	س-ی	۰/۹۹۸۱	۷	۵
۲۲	سبک	۲۳۴۳	ا-د	۰/۹۹۷۳	۸	۶
۲۳	مونتاژ	۶۷۹	ا-ی	۰/۹۹۷۱	۹	۲
۲۴	سبک	۸۲۱	ا-ی	۰/۹۹۷۱	۹	۷
۲۵	سنگین	۲۱۵۲	ح-ی	۰/۹۹۷۱	۹	۵

گام هشتم

رتبه بندی: گزینه ها بر اساس نسبت شباهت بهترین به بدترین، رتبه بندی می شوند و بهترین گزینه بر اساس این رتبه بندی انتخاب می شود. (مطابق جدول ۸ معیار رتبه بندی گزینه ها و رتبه هر گزینه).



نمودار ۱. رتبه هر گزینه

یافته‌های پژوهش

مطابق نمودار ۱ تعداد شش پرسنل رتبه ۱ و یک نفر رتبه ۲ و شش نفر بعدی رتبه ۳ سازمانی را کسب کرده‌اند. همچنین، می‌توان با تفکیک کردن افراد با مشخصه واحد مورد فعالیت رتبه‌های نخست تا سوم مخصوص آن واحد را نیز مشخص کرد، یعنی پرسنلی ممکن است رتبه ۱ واحد مربوطه را کسب کند و در رتبه‌بندی سازمانی رتبه ۳ باشد. برای مثال، در جدول ۸ کد پرسنلی ۱۹۹ را ملاحظه فرمایید، ایشان در واحد مونتاژ رتبه ۱ و در کل سازمان رتبه ۳ می‌باشند. این روش جهت تخصیص عادلانه کارانه و پاداش جهت تشویق پرسنل بسیار کارآمد می‌باشد. در جدول ۳ با نظر خبرگان وزن تخصیصی هر معیار مشخص شد که بیش‌ترین وزن تاثیرگذار ضایعات تولیدی می‌باشد که پرسنل هم حقوق و دستمزد بابت تولید دریافت کرده و هم راندمان نداشته و مواد اولیه را نیز معیوب کرده، در نتیجه بیش‌ترین زیان را به سازمان متحمل کرده است.

بحث و نتیجه گیری

رتبه‌بندی TOPSIS برای هر روش استخراج، یک "ضریب نزدیکی" محاسبه می‌کند که نشان می‌دهد چقدر به راه‌حل ایده‌آل نزدیک است، روشی که بالاترین ضریب را دارد، معمولاً انتخاب می‌شود (عطایی ۲۰۱۶). در مطالعات پیشین از این روش برای ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی سد البرز بر روی رودخانه بابلرود (رتبه‌بندی براساس درجه اهمیت)، چیدمان مناسب کارخانه از نظر کیفی و کمی، پیش بینی سوپر لیگ کشور پاکستان (رتبه‌بندی بر اساس معیارها) استفاده شده که تماماً بیانگر کارا بودن روش تاپسیس جهت رتبه‌بندی می‌باشد. در این پژوهش نیز با بررسی پرسش‌نامه‌ها و نظر خبرگان و مقایسات زوجی انجام شده به پاسخ سوال نخست پژوهش دست یافته‌ایم که تاثیرگذارترین معیار مورد اهمیت با توجه به وزن تخصیصی، ضایعات و بعد از آن راندمان تولید می‌باشد. همچنین، با روش TOPSIS، ثابت شد که این روش پاسخ نیاز سازمان را جهت ارزیابی کارکنان مرتفع می‌کند. بر این اساس بهترین پرسنل‌ها را در شرکت تولیدی قطعه سازان شایان شناسایی کردیم. این روش به ما امکان داد تا با توجه به معیارهای گوناگون، پرسنل‌هایی را که عملکرد مطلوب تری داشته‌اند، تشخیص دهیم. این ارزیابی می‌تواند به مدیران شرکت در اتخاذ تصمیم‌های استراتژیک مربوط به پرسنل، ترفیع، پاداش، آموزش و توسعه، و بهبود کارایی و عملکرد کلی سازمان کمک کند. و پاسخ سوال دوم پژوهش را دریافت کرده ایم. پیشنهاد می‌شود که ارزیابی پرسنل به صورت دوره‌ای و منظم انجام شود تا تغییرات در عملکرد و پیشرفت پرسنل را نیز در نظر بگیرد. علاوه بر این، ارزیابی باید به عدالت و شفافیت رعایت شود و به پرسنل امکان داده شود تا نقاط قوت و ضعف خود را دریابند و روی بهبود آن‌ها کار کنند. با استفاده از روش TOPSIS و ارزیابی منظم پرسنل، بهبود کیفیت و عملکرد پرسنل، افزایش بهره‌وری و توانمندی‌های شرکت

بهبود داده شد، اما برای دستیابی به پاسخ سوال سوم پژوهش، مراحل بعدی مورد توجه قرار گرفت. ارزیابی و بررسی نتایج: پس از انتخاب بهترین پرسنل، نتایج ارزیابی به دقت بررسی می‌شوند. در این مرحله، نتایج را با هدف‌ها، استراتژی‌ها و نیازهای سازمان مقایسه کرده و تحلیل شد که آیا پرسنل انتخاب شده به درستی با اهداف شرکت هماهنگی دارند یا نیاز به تنظیمات و بهبود دارند. پیشنهاد می‌شود در صورتی که در مرحله قبل متوجه نقاط ضعف یا نیازهای بهبودی شدید، می‌توانید تغییرات و بهبودهای لازم را اعمال کنید. این ممکن است شامل آموزش و توسعه پرسنل، تغییرات در ساختار سازمانی یا تغییرات در فرآیندها و روش‌های کاری باشد. پیگیری و ارزیابی مداوم: ارزیابی پرسنل باید به صورت مداوم و دوره‌ای انجام شود تا بتوانید تغییرات و بهبودهای اعمال شده را پیگیری کنید. در این مرحله، نتایج ارزیابی پرسنل را با نتایج قبلی مقایسه کرده و به تحلیل عملکرد پرسنل و تعیین نیازهای جدید بپردازید. با این حال، لازم به ذکر است که روش‌ها و مراحل ارزیابی پرسنل ممکن است بسته به نیازها و شرایط خاص شرکت متفاوت باشد. بنابراین، توصیه می‌شود که برای پیاده‌سازی مناسب این روش، با مشاوران و متخصصان منابع انسانی همکاری کنید تا بهترین روش برای شرکت خود را انتخاب کنید و از تجربه و دانش آن‌ها بهره‌برداری کنید. هم‌چنین، در نظر داشته باشید که ارزیابی پرسنل تنها یکی از ابزارهای مدیریت منابع انسانی است و باید با سایر فعالیت‌ها و سیستم‌های مدیریتی سازمان هماهنگی داشته باشد تا به نتایجی بهتر دست پیدا کند.

منابع

- حبیبی، آرش، و آفریدی، صنم. (۱۴۰۱). تصمیم‌گیری چندشاخصه (قطعی و فازی)، چاپ اول، انتشارات نارون، حبیبی، آرش، ایزدیار، صدیقه، و سرافرازی، اعظم. (۱۳۹۳). تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، چاپ اول، انتشارات کتیبه خاکی، غلامرضا. (۱۳۷۸). آشنایی با مدیریت بهره‌وری (تجزیه و تحلیل آن در سازمان)، چاپ دوم، تهران: انتشارات درایت. سقایی، عباس، و خلیلو، علی. (۱۳۹۱). به کارگیری فرایند تحلیل شبکه ای و تئوری فازی در آنالیز SWOT فصلنامه مدیریت، ۲۶ (۹)، ۱-۱۴.
- عالم تبریز، اکبر، و باقرزاده، محمد. (۱۳۸۸). تلفیق ANP فازی و TOPSIS تعدیل شده برای گزینش تأمین کننده راهبردی. پژوهشهای مدیریت، ۲ (۳)، ۱۴۹-۱۸۱.
- غفاریان، وفا، و کیانی، غلامرضا. (۱۳۸۰). استراتژی اثر بخش، تهران، نشر فردا
- غضنفری، مهدی، رضایی، محمود. (۱۳۸۹). مقدمه ای بر نظریه مجموعه های فازی. (چاپ دوم) تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
- کاشانی، محمد، امینی خوزانی، محسن، هاشمی، سید فرزاد. (۱۴۰۳). بررسی میزان تاثیر تغییر استراتژی تولید بر عملکرد مالی و توانایی رقابت اقتصادی در صنعت قطعه سازی خودرو (مطالعه موردی شرکت قطعه سازان شایان)، مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس

- Ataei, M., (2016). Mining Method Selection by TOPSIS Approach. Symposium of Earth Sciences.
- Hassanpour, M. (2019). Evaluation of Iranian Automotive Industries, International Journal of Research in Industrial Engineering 2019, 2(8) 115-139
- Jafar, M., Faizullah, F., & Naveed, A. (2020). Prediction of Pakistan Super League-2020 Using TOPSIS and Fuzzy TOPSIS Methods. Journal of Fuzzy Extension and Applications, 2(1) 104-114
- 12- Kahraman, C., & Cebi, S. (2014). A comparative analysis for multi attribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzz analytic hierarchy process. Energy, 34(10) 1603-1617.
- Moradi, L., Rajaei, T., Sadeghpour, M. (2020). Environmental risk assessment of Alborz Dam using TOPSIS and Fuzzy TOPSIS methods. Amirkabir Journal of Civil Engineering, 12(52) 3108-3091
- Opricovic, T. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of Vikor and TOPSIS. European Journal of Operational Research, 156(2), 445-455.

- Vaidya, K. (2006). Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1-29
- Yang T., & Hung, C. (2007). Multipleattribute decision making methods for plant layout design problem. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(1), 126-137

Ranking of Production Personnel Using the Fuzzy TOPSIS Method in the Automotive Parts Manufacturing Industry (Case Study of Shayan Parts Manufacturing Company)

Mohammad Kashani^{1*}, Mahnaz ahadzadeh namin²

Article Info	Abstract
Article type: Research Article	The process of identifying and ranking personnel working in the organization is important for continuous improvement of the quality and quantity of production. Determining the correct criteria for selecting individuals, growth and advancement of organization members, training specialized and capable multi-skilled forces, creativity, and creating a competitive environment also play an important role in the organization. Therefore, it is better to consider a scientific method that, in addition to identifying efficient individuals, leads to increased employee efficiency and also creates a competitive advantage among them. The method of closest approach to the ideal answer was used to measure performance, the results of which can be used to identify good employees, create an identity within the organization, keep the values and goals of the group alive, create opportunities for promotion and effort, create a sense of competition among individuals, and also the level of employee satisfaction. Identifying the strengths and weaknesses of personnel and evaluating criteria. An organization that clearly and clearly specifies reward criteria for determining the points and ranking of its personnel with the support of scientific management and specialized methods as well as emphasizing collective interests also brings the highest level of job satisfaction. By observing these steps and using the TOPSIS method, we were able to identify the best personnel and develop motivation and competition. Also, with regular evaluation and continuous follow-up, you can make necessary improvements and align personnel towards the organization's goals and strategies.
Keywords	Ranking, Topsis, Skill, Performance, Efficiency

Publisher: Islamic Azad University Qods Branch

Corresponding Author: Mohammad Kashani

Email: md.kashani@yahoo.com

1. Senior Expert, Department of Financial Management, Quds City Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding Author)

2. Assistant Professor, Department of Mathematics, Quds City Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

