



انتخاب تأمین کننده با استفاده از روش تلفیقی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل روابط خاکستری محمد اکبری

دکتری مدیریت تولید و عملیات، هیأت علمی دانشگاه پیام نور

Email: md.akbary@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱ * تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۲

چکیده

پیشینه پژوهش نشان داده است که برای انتخاب تأمین کننده مناسب در زنجیره تأمین بهتر است که در ارزیابی تأمین کنندگان هم زمان به معیارهای کمی و کیفی توجه شود. برای این منظور باید از ابزاری استفاده کنیم که تلفیق مناسب معیارهای کمی و کیفی را در نظر بگیرد. هدف این مقاله توسعه و بکارگیری یک مدل ارزیابی برای انتخاب تأمین کننده با در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی می باشد. به این منظور در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل روابط خاکستری استفاده شده است. روش پژوهش در این پژوهش از نوع میدانی و توسعه ای است. داده های مربوط به تأمین کنندگان و اوزان معیارها بر اساس مستندات و نظرات مدیران انتخاب و فراهم شده است. برای ارزیابی تأمین کنندگان ابتدا معیارهای کیفی و کمی مشخص گردیده و برای تعیین وزن معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. سپس برای رتبه بندی تأمین کنندگان از روش تحلیل روابط خاکستری استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از روش تلفیقی ارائه شده می توان معیارهای کمی و کیفی را به صورت هم زمان در ارزیابی تأمین کنندگان مورد استفاده قرار داد. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که انعطاف پذیری و کاربرد آسان این روش تلفیقی از مزیت های این مدل است. به منظور بررسی اعتبار مدل تلفیقی، مجموعه تأمین کنندگان با در نظر گرفتن ضریب تشخیص های متفاوت مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. با در نظر گرفتن ضریب تشخیص های متفاوت بین ۰/۱ تا ۱ نتایج مشابهی بدست آمد و نتیجه گرفته می شود که روش تلفیقی ارائه شده برای انتخاب تأمین کننده، یک روش قابل اعتماد می باشد.

کلمات کلیدی: روش ارزیابی تأمین کننده، مدیریت زنجیره تأمین، تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل روابط خاکستری.

۱- مقدمه

در رقابت شدید جهان امروز، مهمترین عامل در داشتن مزیت رقابتی ماندگار در تأمین و ارائه خدمات با کیفیت بالا به مشتریان به منظور کسب رضایت بیشتر آنان نهفته است (Shemwell, Yavas & Bilgin, 1998). تأکید مشتری بر کیفیت بالا و خدمت رسانی سریع موجب افزایش فشارهایی گردیده که قبلاً وجود نداشته است. بهمین دلیل شرکت ها به تنهایی تمامی امور مربوط به تولید را نمی توانند انجام دهند. در بازار رقابتی موجود، بنگاههای اقتصادی و تولیدی در کنار مدیریت و نظارت منابع داخلی، نیازمند مدیریت و نظارت منابع خارجی از سازمان نیز می باشند. علت این امر در واقع دستیابی به مزیت یا مزایای رقابتی با هدف کسب سهم بیشتری از بازار است. بر این اساس فعالیت هایی نظیر برنامه ریزی عرضه و تقاضا، تهیه مواد، برنامه ریزی محصول، نگهداری کالا، کنترل موجودی، تحویل و خدمت به مشتری که قبلاً همگی در سطح شرکت انجام می شده است اینک به سطح زنجیره عرضه انتقال پیدا کرده است. در راستای پیاده سازی این فلسفه، انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین به عنوان یک مسأله مهم مورد توجه است که تصمیم گیران را به این سمت سوق می دهند که از روش های معتبری همچون مدل های وزن دهی خطی و مدل های برنامه ریزی ریاضی برای انتخاب تأمین کننده استفاده کنند (Stadtler et al., 2002). در این پژوهش برای ارزیابی تأمین کنندگان روش تلفیقی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل روابط خاکستری مورد بررسی و استفاده قرار گرفته شده است. برای اجرای این پژوهش معیارهای کمی و کیفی با استفاده از پیشینه پژوهش، مصاحبه با مدیران و استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی^۱ مشخص و وزن دهی می شود. سپس با توجه به معیارهای ارزیابی، داده های مورد نیاز روش تلفیقی از شرکت های مورد بررسی جمع آوری و مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در انتها شرکت های تأمین کننده با استفاده از روش تلفیقی مورد ارزیابی و رتبه بندی می شود. همچنین به منظور بررسی اعتبار مدل مجموعه مثال های مختلف حل خواهد شد. در ادامه به بررسی پیشینه پژوهش در حوزه مدیریت زنجیره تأمین و روشهای انتخاب تأمین کننده پرداخته می شود.

برطبق دیدگاه علمی، زنجیره تأمین شبکه‌ای از شرکت هایی است که محصولات و خدمات بالا دستی و پایین دستی در طول زنجیره ارزش یک صنعت را تشکیل می‌دهند که از ۱۹۸۰ موجب توجه روز افزون نظریه پردازان سازمانی شده است. واژه مدیریت زنجیره تأمین به عنوان مجموعه ای از فعالیت ها برای خرید مواد، تبدیل آنها به کالاهای واسطه ای و کالاهای نهایی و نهایتاً تحویل به مشتری اطلاق می شود. زنجیره تأمین مجموعه ای از حلقه های متصل از تأمین کنندگان تا مشتریان یک محصول می باشد (Cebi & Bayraktar, 2003). مدیریت زنجیره تأمین بر رویکرد مشتری محور استوار است. بر این اساس ارتباط به موقع و کامل بین همه عناصر زنجیره برای اطلاع از نیازهای مشتری و میزان تأمین نیازها از ضروریات زنجیره است. مدیریت زنجیره تأمین، همان طور که امروزه عمل می‌کند، از بازاریابی، پشتیبانی و تولید نشأت گرفته است. سه بعد در مورد مدیریت زنجیره تأمین وجود دارد که عبارتند از:

۱. هماهنگی درون عملکردی (اداره فعالیت‌ها و فرایندها در درون وظیفه پشتیبانی یک شرکت)
۲. هماهنگی فعالیت‌های بین عملکردی (نظیر هماهنگی بین امور پشتیبانی و مالی، پشتیبانی و تولید و بازاریابی)
۳. هماهنگی فعالیت‌های بین سازمانی زنجیره تأمین که بین شرکت‌هایی صورت می‌گیرد که از نظر قانونی جدا هستند (sakni, 2012).

در بیشتر صنایع تولیدی مواد خام و قطعات خریداری شده درصد بالایی از هزینه های یک محصول را به خود اختصاص می دهد به طوری که در بعضی موارد تا ۷۰ درصد هزینه های کالا را می پوشاند و این درصد نقش واحد خرید را در کاهش هزینه ها و کسب مزیت رقابتی پر رنگ می نماید (Ghodsypour & O'Brien, 1998). با بهره گیری از مدیریت زنجیره تأمین سازمان قادر خواهد بود روابط تجاری خود را با بهینه سازی تبادل اطلاعات با همکاران تجاری نظیر تأمین کنندگان مواد اولیه، توزیع کنندگان محصولات و پیمانکاران حمل و نقل کالا توسعه دهد. بدین ترتیب بنگاه اقتصادی موفق خواهد شد تا در زمان بسیار کمتری محصول خود را به بازار عرضه کرده و زمان تولید و هزینه های ائتلافی را پایین آورد.

¹ Analytical hierarchy process

یکی از مهمترین تصمیم ها در مدیریت زنجیره تأمین در صنعت تولیدی انتخاب تأمین کننده است. در صنعت تولیدی، قطعات نیم ساخته معمولاً بیشترین هزینه ها را در بر دارند و واحد خرید نقش مهمی را در کاهش هزینه های خرید و انتخاب تأمین کننده مناسب بازی می کند. به علاوه تولید کنندگان به طور فزاینده ای به صورت تولید به هنگام و تولید در دسته های انبوه عمل می کنند این مسائل نیازمند این است که تأمین کنندگان مواد خام و قطعات سفارشی را در موعد مقرر، در مقدار مناسب و در کیفیت پایدار تأمین کنند (Akbari, 2007). تأمین کنندگان قابل اعتماد تولید کنندگان را قادر می سازد که هزینه های موجودی را کاهش و کیفیت کالاها را بهبود بخشند. بنابراین انتخاب تأمین کننده مناسب و مدیریت روابط تأمین کننده اثربخش، عامل کلیدی در افزایش رقابت پذیری شرکت است (Ghodsypour & O'Brien, 1998). بر این اساس مدیر خرید نیاز داشته تا عملکرد تأمین کنندگان را به صورت دوره ای و با توجه به چندین شاخص های مهم، ارزیابی کند. تصمیم گیری در مورد انتخاب تأمین کننده صنعتی شامل دو قسمت می شود: ارزیابی و انتخاب (Braglia & Petroni, 2000). براساس مطالعه (Yang & Chen 2006) مطالعات متعددی مسأله انتخاب تأمین کننده مناسب را مورد بررسی قرار و بیشتر آنها بر این باورند که به دلیل تعدد معیارهای ارزیابی موضوع انتخاب امری پیچیده است و در بلند مدت جهت انتخاب تأمین کننده می بایست معیارهای کمی (هزینه، تحویل، و...) و معیارهای کیفی (انعطاف پذیری، خدمات، و...) را مد نظر قرار داد.

در بحث مدیریت زنجیره تأمین دو نوع مسأله وجود دارد. مسأله اول، یک تأمین کننده می تواند همه نیازهای خریدار را تأمین نماید (برون سپاری تک بعدی). در این وضعیت مدیریت نیاز دارد که تصمیم بگیرد کدام یک از تأمین کنندگان بهتر است. در مسأله دوم (برون سپاری چند بعدی) یک تأمین کننده نمی تواند همه نیازهای خریدار را تأمین نماید. در چنین وضعیتی مدیریت به دلایل گوناگون می خواهد که مقدار سفارش را بین تعدادی از تأمین کنندگان تقسیم نماید (Ghodsypour & O'Brien, 1998). انتخاب تأمین کننده یک مسأله چند معیاره بوده که برای انتخاب بهترین تأمین کننده می باید بین معیارهای کمی و کیفی که ممکن است در تضاد نیز باشند یک تعامل^۲ انجام گیرد. سه مدل ارزیابی مورد استفاده برای انتخاب تأمین کننده به صورت غالب در ادبیات پژوهش عبارتند از (Yang & Chen 2006):

- مدل های وزن دهی خطی
- مدل های هزینه کل^۳
- مدل های برنامه ریزی ریاضی.

مدل های وزن دهی خطی آسان بوده و میزان زیاد به قضاوتهای ذهنی وابسته است. این مدل ها معیارها را به صورت مساوی وزن داده که این مورد به ندرت در عمل اتفاق می افتد (Ghodsypour & O'Brien, 1998). برای مقابله با وزن دهی مساوی مدل های وزن دهی خطی، تحلیل سلسله مراتبی یک روش اثربخش برای ارائه وزن های ساختارمند معیارها را با استفاده از مقایسات زوجی برای انتخاب تأمین کنندگان انجام می دهند البته باید در نظر داشت که تحلیل سلسله مراتبی ابزاری برای استفاده در محیط های ثابت و کم تغییر طراحی شده است (Min, 1994).

- انتخاب تأمین کننده فقط بر مبنای تجارب شخصی ارزیابان به خاطر ریسک ذاتی تفاوت های ذهنی و فقدان تحلیل سیستمی، نه علمی و نه اثربخش است.
- مدل های ارزشیابی همچون وزن دهی خطی، مجموعه هزینه مالکیت و برنامه ریزی ریاضی وجود دارد که در مدل های وزن دهی خطی عوامل کمی و در مدل های برنامه ریزی ریاضی معیارهای کیفی در نظر گرفته نمی شود.
- به دلیل فقدان سیستم های تصمیم گیری در شرکتها عملاً از بکارگیری مدل هایی با پیچیدگی تحلیلی ریاضی برای انتخاب تأمین کننده اجتناب می شود (یانگ و چن، ۲۰۰۶).

بر اساس پژوهشی که در سال ۲۰۰۶ (Koroglu, Prakash, & Burgess, 2006) بر روی ۱۰۰ مقاله انتخابی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۳ در زمینه زنجیره تأمین انجام داده اند، نتیجه گرفته شده که بیشتر مقالات در حوزه مدیریت زنجیره تأمین در

² Trade off

³ Total Cost Ownership (TCO)

صنعت خودروسازی انجام گرفته و مدیریت زنجیره تأمین یک زمینه پژوهشی نسبتاً جوان می باشد که رشد نمایی در بین پژوهش های محققان داشته است. مهمترین مسائل در این مطالعات عبارتست از: ۱. چگونگی وزن دهی به معیارهای تصمیم گیری که هم معیارهای کیفی و هم معیارهای کمی را در بر گیرد و ۲. انتخاب روش تصمیم گیری مناسب برای انتخاب تأمین کننده.

مدل های هزینه کل تلاش می کنند که هزینه های قابل کمی سازی را که در طول سیکل زندگی گزینه های خریداری شده اتفاق می افتد، در مدل انتخاب تأمین کننده در نظر بگیرند. هزینه کل زمانی مهم جلوه می کند که مدیران در جستجوی این هستند که هزینه هایشان را بهتر مدیریت کنند. این مدل پیچیده بوده و نیازمند تغییر فرهنگی می باشد همچنین نیازمند نگهداری داده های بسیار زیاد در مورد هزینه ها می باشد (Bhutta, & Huq, 2002). ترکا و موتزکا^۴ (۱۹۹۸) کلمنز و اسمیتکا^۵ (۱۹۹۳) کونینگز و رودهوفت^۶ (۱۹۹۶) بوتتا و هوک^۷ (۲۰۰۲) یانگ و چن^۸ (۲۰۰۳) بنا بر بیان یانگ و چن، همه تلاش کردند که هزینه کل را در مدل های ارزیابی شان در نظر بگیرند (Yang & Chen 2006).

یکی از روش های معتبر برای وزن دهی معیارها ارزیابی روش تحلیل سلسله مراتبی است. روش تحلیل سلسله مراتبی قابلیت فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی داشته و با در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت می دهد. یکی از نقاط قوت این روش امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها بوده و همچنین میزان ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد. ارائه نرخ ناسازگاری جزو قابلیت ممتاز این روش در تصمیم گیری چند معیاره است (Ghoudsipour, 2005). دینگ و همکاران با پژوهش در سال ۲۰۰۳ به این نتیجه رسیدند که برای انتخاب تأمین کننده مناسب، بهتر است بین معیارهای محسوس و نامحسوس که ممکن است در تضاد باشند یک بده بستان انجام گیرد (Ding, Benyoucef, & Xie, 2003). پنگ^۹ در مقاله خود به بررسی کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی برای رتبه بندی شرکتهای ارائه دهنده خدمات پرداخته و نتایج نشان داد که این روش قابلیت مطلوبی در این حوزه دارد (Peng, 2012). در مقاله (Chamodrakas, Batis, & Martakos, 2012) نیز برای تعیین تأمین کننده مناسب از روش دو مرحله ای استفاده شد. در این مقاله در صنعت الکترونیک از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد و اعتبار مدل با استفاده از حل مسأله واقعی مورد بررسی قرار گرفت. قابلیت روش تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب تأمین کننده در پژوهش های (Kilinci, & Onal, 2011, Bruno et al., 2012, Rezaei, & Ortt, 2013) مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داد که روش تحلیل سلسله مراتبی از توانایی قابل اعتمادی در رتبه بندی تأمین کنندگان برخوردار است. با توجه به قابلیت انجام بده بستان در روش مذکور، و سایر قابلیت های اشاره شده، از این روش در این پژوهش جهت وزن دهی معیارهای کمی و کیفی از این روش استفاده می شود. تئوری سیستم خاکستری با کار دنگ^{۱۰} در سال ۱۹۸۲ به وجود آمده و برای حل مسأله مبهم (عدم اطمینان) و مسائلی که داده های گسسته و اطلاعات ناقص دارد بکار می رود، بنابراین یک روش و تئوری می باشد که با مسائل نامطمئن، ناقص و ضعیف سر کار دارد. یکی از مسائل اصلی تئوری سیستم خاکستری این است که این تئوری می تواند با استفاده از مقدار اطلاعات نسبتاً کم و با تغییر پذیری زیاد در معیارها خروجی های مطلوب تولید کند. تئوری خاکستری، همچون تئوری فازی یک مدل ریاضی اثربخش برای حل مسائل نامشخص و مبهم است (Yang & Chen 2006).

مفهوم فضای روابط خاکستری بر مبنای ترکیبی از مفاهیم تئوری سیستم، تئوری فضا و تئوری کنترل ارائه شده است. این مفهوم می تواند برای بدست آوردن همبستگی بین عوامل مرجع و سایر عوامل مقایسه ای یک سیستم استفاده شود. زمینه هایی که توسط تئوری خاکستری استفاده شده است عبارتند از (Yang & Chen 2006): پیش بینی، کنترل سیستم، پردازش داده

⁴ Trecha and Monczka

⁵ clemens and Smytka

⁶ konings and Roodhooft

⁷ Bhutta and Huq

⁸ Yang and chen

⁹ peng

¹⁰ Deng

ها، مدل سازی و تصمیم گیری. تحلیل روابط خاکستری به صورت موفقیت آمیزی در مسائل تصمیم گیری مختلف بکار برده شده است، شامل ارزیابی عملکرد خطوط هوایی، زمانبندی تولید هیدروالکتریسیته، فشرده سازی تصویر و مسائل تصمیم گیری چند شاخصه. مزایای اقتصادی و اجتماعی تئوری خاکستری در زمینه های مختلف تلاشهای بشری به اثبات رسیده است و در طول ۲۴ سال پژوهش، تئوری سیستم خاکستری به عنوان یک ابزار قوی برای تحلیل سیستمهای کمی و کیفی شناخته شده است (Lin, Chen, & Liu, 2003). در مقاله (Golmohammadi, & Mellat-Parast, 2012)، برای انتخاب تأمین کننده از تلفیق روش تحلیل روابط خاکستری و فازی استفاده شده است. در این مقاله برای فائق آمدن بر پیچیدگی فرایند انتخاب تأمین کننده از تئوری سیستم خاکستری استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که خروجی مدل ارائه شده از قابلیت اعتماد و سازگاری بالایی برخوردار است. در مقاله (Chan and Tong, 2007)، به بررسی مسأله انتخاب مواد تولیدی با توجه به معیارهای مختلف و متضاد پرداخته شده است. در این پژوهش برای فرایند تصمیم گیری و رتبه بندی مواد تولیدی از روش تحلیل روابط خاکستری استفاده شده است. برای بررسی قابلیت اعتماد روش مثال های مختلف حل شد و نتایج نشان داد که روش مورد نظر از قابلیت بالایی در مسائل انتخاب چند معیاره برخوردار است. کو و همکارانش^{۱۱} در مقاله شان به بررسی قابلیت روش تحلیل روابط خاکستری در حل مسائل تصمیم گیری چند معیاره پرداخته است. چندین نمونه از مسائل تصمیم گیری چند معیاره همچون مسأله جانمایی، توزیع امکانات با استفاده از روش مذکور حل و نتایج نشان داد که روش تحلیل روابط خاکستری در حل این گونه مسائل بسیار کارآمد می باشد (Kuo, Yang, & Huang, 2008). با توجه به پژوهش های انجام شده حوزه تصمیم گیری چند معیاره و روش تحلیل روابط خاکستری و کارآمد بودن این روش، در این پژوهش برای مسأله رتبه بندی و انتخاب تأمین کننده با توجه به معیارهای کمی و کیفی از روش تلفیقی تحلیل روابط خاکستری و تحلیل سلسله مراتبی استفاده می شود.

۲- مواد و روشها

روش پژوهش در این مقاله از بعد جمع آوری داده ها و محیط اجرا از نوع میدانی است. از بعد هدف این پژوهش توسعه ای است که سعی در توسعه روش های ارزیابی تأمین کنندگان داد. در این پژوهش شرکت سازه گستر به عنوان تأمین کننده اصلی قطعات مورد نیاز شرکت سایپا مورد بررسی قرار گرفت. شرکت سازه گستر برای تأمین قطعات مورد نیاز شرکت سایپا می باید شرکتهای سازنده قطعات را مورد ارزیابی و قطعات مورد نیاز را سفارش و خریداری نماید. چهار شرکت سازنده قطعات (S1, S2, S3, S4) برای تأمین قطعه ای مشخص در این پژوهش به عنوان تأمین کنندگان مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین معیارهای انتخاب تأمین کننده با مصاحبه از مدیران و بررسی پیشینه پژوهش معیارهای کمی و کیفی مشخص شد. سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی اوزان هر یک از معیارها با توجه به نظر مدیران مشخص گردید. برای جمع آوری داده های مربوط به هر یک از معیارها، مستندات ۶ ماهه مربوط به شرکت های مورد بررسی مورد بررسی قرار گرفته شد. نهایتاً با استفاده از معیارهایی کمی و کیفی و اوزان بدست آمده و استفاده از روش تحلیل روابط خاکستری، تأمین کنندگان مورد نظر رتبه بندی و بهترین تأمین کننده مشخص شد. برای بررسی قابلیت اعتماد مدل در ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان، مثال های مختلف با ضریب تشخیص های متفاوت حل شد.

۳- نتایج و بحث

بر اساس پژوهش های انجام گرفته در حوزه معیارهای ارزیابی تأمین کننده و مصاحبه با کارشناسان و مسئولین واحد ساخت و تأمین کننده، معیارهای ارزیابی قطعه-سازنده مشخص شد. این معیارها عبارتند از کیفیت، مدت زمان تحویل و قیمت. به منظور بدست آوردن اوزان معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی با گروهی از صاحب نظران رؤسای ادارات مختلف مصاحبه انجام گرفت. برای تعیین اوزان معیارهای ارزیابی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، از نرم افزار Expert Choice استفاده شد. اوزان بدست آمده برای معیارهای ارزیابی در جدول ۱ ارائه شده است.

¹¹ Kuo et al.

جدول شماره (۱): اوزان بدست آمده برای معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان

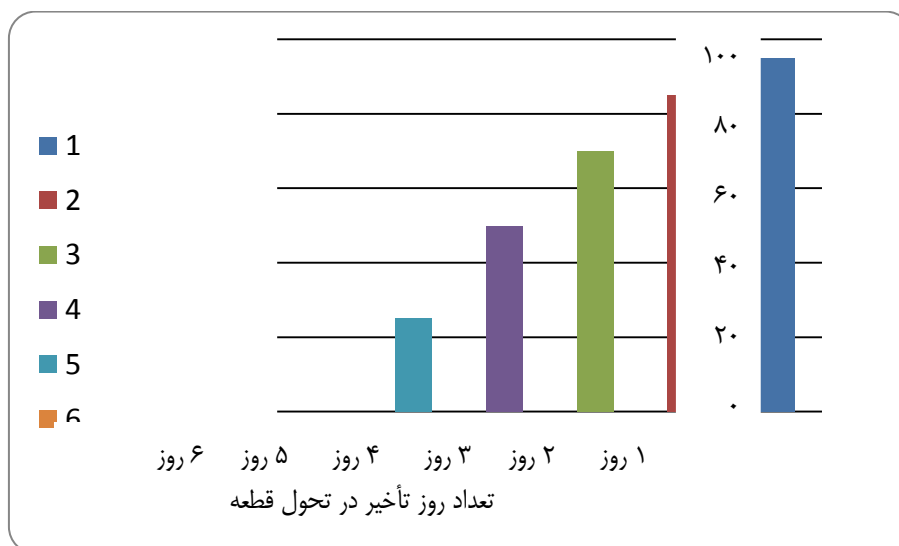
معیار ارزیابی	کیفیت	زمان تحویل	قیمت
وزن	۰/۶۳۰	۰/۱۷۱	۰/۱۹۹

برای مقایسات زوجی انجام شده نرخ سازگاری ماتریس ۰.۰۰۰ بدست آمد. این میزان نرخ سازگاری نشان می دهد که ماتریس قضاوتها به طور رضایت بخشی سازگاری دارد.

برای محاسبه معیار کیفیت از شاخص "تعداد قطعات معیوب در هر ۱ میلیون قطعه" (PPM^{12}) استفاده شد. این شاخص عبارت از میزان قطعات برگشتی به علت استاندارد نبودن قطعه در هر یک میلیون قطعه از سوی خط مونتاژ خودروساز به تأمین کنندگان است. این شاخص در بازه زمانی شش ماهه اندازه گیری شده است. امتیاز دهی برای این شاخص بر اساس معادله شماره (۱) است:

$$\text{معادله شماره (۱): نحوه محاسبه امتیاز معیار کیفیت} = \frac{PPM}{1} - \text{امتیاز} = \frac{\text{تعداد ارقام ارسالی}}{1}$$

برای بدست آوردن امتیاز معیار "تحویل به موقع" در صورتی که تحویل قطعه در تاریخ مقرر انجام گیرد، حداکثر امتیاز به سارنده تعلق می گیرد، در غیر این صورت متناسب با تعداد روز تاخیر طبق شکل شماره ۱ امتیاز دهی می شود که بر اساس استاندارد شرکت می باشد.



شکل شماره (۱): نحوه امتیاز دهی برای معیار زمان تحویل

در مواردی که یک دستور تحویل در چند نوبت تحویل داده می شود، امتیاز آن به روش میانگین وزنی محاسبه گردید. برای ارزیابی معیار قیمت نیز از شاخص قیمت استفاده شده است. داده های مربوط به امتیاز معیارهای کمی و کیفی برای تأمین کنندگان در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

¹² Part Per Million

جدول شماره (۲): امتیاز معیارهای کمی و کیفی تأمین کنندگان

تأمین کنندگان	امتیاز کیفیت (از ۱۰۰)	امتیاز زمان تحویل (از ۱۰۰)	هزینه (ریال)
S1	۱۰۰	۴۰	۳۴۰۰۰
S2	۱۰۰	۱۵	۳۳۶۰۰
S3	۱۰۰	۴۲	۳۴۰۰۰
S4	۱۰۰	۴۶	۳۳۵۰۰

در این مسأله، تأمین کنندگان به عنوان گزینه i ($i=1, \dots, n$) و معیار ارزیابی به عنوان معیار j برای هر گزینه در نظر گرفته شده است ($j=1, \dots, m$). فرمولهای مربوط به محاسبات روش تحلیل روابط خاکستری برای ارزیابی گزینه ها در ضمیمه ارائه شده است.

ارزیابی کمی و کیفی چهار تأمین کننده بالقوه به صورت ماتریس در شکل شماره ۲ نشان داده شده است:

$$X = \begin{pmatrix} 100 & 40 & 34000 \\ 100 & 15 & 33600 \\ 100 & 42 & 34000 \\ 100 & 46 & 33500 \end{pmatrix}$$

شکل شماره (۲): داده های مربوط به معیارهای تأمین کنندگان

برای استفاده از روش تحلیل روابط خاکستری (ضمیمه مقاله) سری مرجع X_0 و سری مقایسه ای بدست آمد. سری مرجع عبارت است از بهترین امتیاز کسب شده در هر ستون و برابر با (۱۰۰، ۴۶، ۳۳۵۰۰) و سری مقایسه ای برای تأمین کنندگان در معادله شماره ۲ الی ۵ نشان داده شده است.

$$X1 = (100, 40, 34000) \quad \text{معادله شماره (۲)}$$

$$X2 = (100, 15, 33600) \quad \text{معادله شماره (۳)}$$

$$X3 = (100, 42, 34000) \quad \text{معادله شماره (۴)}$$

$$X4 = (100, 46, 33500) \quad \text{معادله شماره (۵)}$$

با توجه به مقیاس های متفاوت معیارها می بایست این داده ها نرمالیزه شود. مجموعه داده ها در این مورد کاوی به دو گونه مورد توجه قرار می گیرد: مقدار بیشتر بهتر و مقدار کمتر بهتر. برای نرمالیزه کردن معیارها کیفیت و تحویل از فرمول (۱) در ضمیمه و برای معیار هزینه از فرمول (۲) ضمیمه استفاده شده است. با توجه به محاسبات، سری مرجعی نرمالیزه شده X_0^* برابر است با (۱، ۱، ۱) و سری مقایسه ای نرمالیزه شده به صورت زیر می باشد.

$$X_1^*(1) = (100-100)/(100-100) = 1 \quad X_2^*(1) = (100-100)/(100-100) = 1$$

$$X_3^*(1) = (100-100)/(100-100) = 1 \quad X_4^*(1) = (100-100)/(100-100) = 1$$

$$X_1^*(2) = (40-15)/(46-15) = 0/806 \quad X_2^*(2) = (15-15)/(46-15) = 0$$

$$X_3^*(2) = (42-15)/(46-15) = 0/871 \quad X_4^*(2) = (46-15)/(46-15) = 1$$

$$X_1^*(3) = (34000-34000)/(34000-33500) = 0$$

$$X_2^*(3) = (34000-33600)/(34000-33500) = 0/8$$

$$X^*_3(3) = (34000 - 34000) / (34000 - 33500) = 0$$

$$X^*_4(3) = (34000 - 33500) / (34000 - 33500) = 1$$

به منظور انجام مقایسه تأمین کنندگان ضریب رابطه ای خاکستری با استفاده از معادله (۳) در ضمیمه محاسبه شد. با توجه به پیشینه پژوهش در این مقاله ضریب تشخیص ۰/۵ در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال نتایج بدست آمده ضریب رابطه خاکستری برای معیار زمان تحویل تأمین کنندگان در معادلات ۶ الی ۹ نشان داده شده است.

$$I_{0.1}(2) = (0 + 0.5 \times (1)) / (0.194 + 0.5 \times (1)) = 0.34 \quad \text{معادله شماره (۶)}$$

$$I_{0.2}(2) = (0 + 0.5 \times (1)) / (1 + 0.5 \times (1)) = 0.091 \quad \text{معادله شماره (۷)}$$

$$I_{0.3}(2) = (0 + 0.5 \times (1)) / (0.129 + 0.5 \times (1)) = 0.43 \quad \text{معادله شماره (۸)}$$

$$I_{0.4}(2) = (0 + 0.5 \times (1)) / (0 + 0.5 \times (1)) = 1 \quad \text{معادله شماره (۹)}$$

نتایج ضریب رابطه خاکستری برای معیارهای هزینه، زمان تحویل و کیفیت در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول شماره (۳): مقادیر ضریب رابطه ای خاکستری برای معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان

هزینه	زمان تحویل (روز)	کیفیت	وزن معیارها
۱۹۹	۱۷۱	۶۳۰	
۰/۰۹۱	۰/۳۴	۱	S _۱
۰/۳۳	۰/۰۹۱	۱	S _۲
۰/۰۹۱	۰/۴۳	۱	S _۳
۱	۱	۱	S _۴

گام نهایی در روش تحلیل خاکستری محاسبه رتبه ضریب رابطه ای خاکستری $I_{0.1}$ با استفاده از معادله (۴) ضمیمه است. با توجه به تحلیل روابط خاکستری، گزینه ی با بالاترین ضریب رابطه ای خاکستری، گزینه برتر است. بنابراین اولویت تأمین کنندگان بالقوه بر طبق ارزش رتبه رابطه ای خاکستری تعیین می شود. نتایج محاسبات رتبه رابطه ای خاکستری برای هر یک از تأمین کنندگان در معادلات ۱۰ الی ۱۳ نشان داده شده است.

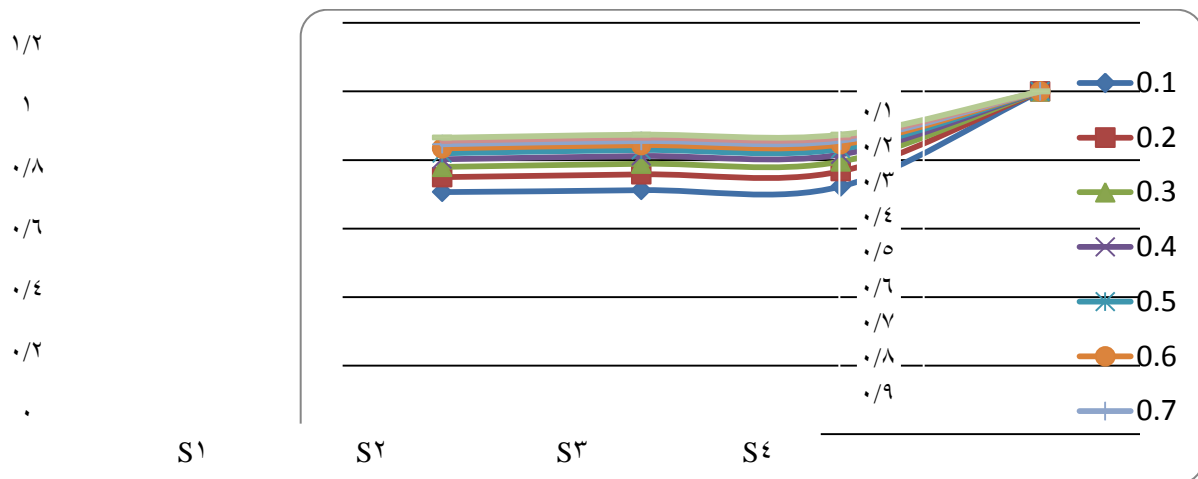
$$I_{0.1}(S_1) = \{0.63 + 0.058163 + 0.18091\} = 0.706254174 \quad \text{معادله شماره (۱۰)}$$

$$I_{0.2}(S_2) = \{0.63 + 0.15545 + 0.066333\} = 0.71187788 \quad \text{معادله شماره (۱۱)}$$

$$I_{0.3}(S_3) = \{0.63 + 0.074672 + 0.18091\} = 0.722763398 \quad \text{معادله شماره (۱۲)}$$

$$I_{0.4}(S_4) = \{0.63 + 0.171 + 0.199\} = 1 \quad \text{معادله شماره (۱۳)}$$

به منظور بررسی تأثیر ضریب تشخیص های متفاوت بر نتایج روش تحلیل روابط خاکستری، رتبه رابطه ای خاکستری برای تأمین کنندگان با توجه به ضریب تشخیصهای متفاوت محاسبه شد. در این آزمایش ضریب تشخیص بین ۰/۱ و ۱ در نظر گرفته شد. نتایج این آزمایش در شکل شماره (۳) نشان داده شده است. همان گونه که در شکل مشاهده می شود با افزایش ضریب تشخیص، فاصله بین رتبه رابطه ای خاکستری بین تأمین کنندگان کاهش یافته است. علی رغم این کاهش با توجه به ضریب تشخیص های متفاوت، تأمین کننده S_۴ بهترین تأمین کننده می باشد.



شکل شماره (۳): حساسیت رتبه رابطه‌ای خاکستری نسبت به ضریب تشخیص‌های متفاوت

انتخاب تأمین کننده یک مسأله تصمیم گیری چند معیاره و پیچیده است که ارزیابی تأمین کنندگان با توجه معیارهای کمی و کیفی را در برمی گیرد. در این پژوهش برای ارزیابی و انتخاب تأمین کننده مناسب روش تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل روابط خاکستری ارائه شد. روش پژوهش از نوع میدانی بوده و برای بررسی قابلیت کاربرد روش تلفیقی چهار تأمین کننده برای شرکت سایپا مورد مطالعه قرار گرفت. برای جمع آوری داده ها مصاحبه با مدیران و بررسی مستندات شرکت‌های تأمین کننده انجام گرفت. در این پژوهش مشخص شد که مهمترین معیارها برای ارزیابی تأمین کنندگان به ترتیب کیفیت، قیمت و زمان تحویل است. به منظور بدست آوردن اوزان این معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد و نرخ ناسازگاری آن ۰/۰۰ بود که نشان از معتبر بودن قضاوت‌های مدیران و در نتیجه معیارهای ارزیابی دارد. داده‌های مربوط به معیارها برای تأمین کنندگان در بازه زمانی ۶ ماهه جمع آوری شد. با استفاده از روش تحلیل روابط خاکستری تأمین کنندگان مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که به ترتیب تأمین کننده S۴، S۳، S۲ و S۱ با توجه به معیارهای ارزیابی بهترین تأمین کننده است. بررسی اولیه تأمین کنندگان نشان داد که تأمین کننده S۴ در هر سه معیار از سایر تأمین کنندگان بهتر است و نتایج روش تلفیقی مورد استفاده نیز این نتیجه گیری را مورد تأیید قرار داد.

استفاده از این روش تلفیقی برای ارزیابی تأمین کنندگان نشان داد که انعطاف پذیری و کاربرد آسان آن از مزیت های این روش است زیرا اگر معیار جدیدی اضافه شود براحتی می توان آن را در مدل پیشنهادی اضافه کرد و به طور مشابه هر تأمین کننده جدید را نیز می توان در فرایند ارزیابی در نظر گرفت. همچنین استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که می توان انتظارات متفاوت مدیران در خصوص اوزان معیارها را مد نظر قرار داده و برای معیارهای کمی و کیفی اوزان قابل اعتماد ارائه کرد. در این پژوهش نیز استفاده از این روش و نرخ ناسازگاری نشان داد که قضاوت مدیران و اوزان معیارها قابل اعتماد است. برای تصمیمات چند معیاره که معیارهای کمی و کیفی را در برمی گیرد، این روش تلفیقی بسیار مناسب بوده و در شرایط اطلاعات و داده های محدود بکارگیری روش تحلیل روابط خاکستری، انتخاب بهترین تأمین کننده را امکان پذیر می سازد. به منظور بررسی قابلیت اعتماد روش تلفیقی مجموعه تأمین کنندگان با در نظر گرفتن ضریب تشخیص های متفاوت بین ۰/۱ تا ۱ مورد ارزیابی مجدد قرار گرفت و نتایج مشابهی بدست آمده است. بنابراین نتیجه گرفته می شود که استفاده مدل تحلیل روابط خاکستری برای انتخاب تأمین کننده، یک روش قابل اعتماد می باشد. اگرچه در صورتی که ضریب تشخیص متفاوت نتایج متفاوتی را برای بهترین تأمین کننده ارائه کرد می باید از روش های دیگری برای ارزیابی استفاده کرد. پژوهش حاضر نشان داد که روش ارائه شده نسبت به روش هایی چون برنامه ریزی خطی، فازی از پیچیدگی کمتری برخوردار است. بنابراین در شرایطی که داده های کمتری برای تأمین کنندگان وجود دارد این روش کاربردی و علمی است. همچنین روش تلفیقی ارائه شده در

مقایسه روش هایی که از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده نمی کند، توانایی تلفیق دانش و تجربه هر یک از ارزیابان و داده های کمی و کیفی را برای انتخاب بهترین تأمین کننده دارد.

۴- منابع

1. Akbari, M. (2007). supplier selection using goal programming in supply chain: case study of SAIPA (Master dissertation). SHAHID BEHESHTI University.
2. Bhutta, K.S., & Huq, F. (2002). Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytical hierarchy process approaches. *Supply chain management: An international journal*, 7(3), 126-135.
3. Braglia, M., & Petroni, A. (2000). A quality-assurance oriented methodology for handling trade-offs in supplier selection. *International journal of physical distribution & logistics*, 30(2), 96-111.
4. Bruno, G., Esposito, E., Genovese, A., Passaro, R. (2012). AHP-based approaches for supplier evaluation: Problems and perspectives. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 18(3), 159-172.
5. Cebi, F., & Bayraktar, D. (2003). An integrated approach for supplier selection, *logistic information management*, 16(6), 395-400.
6. Chamodrakas, I., Batis, D., Martakos, D. (2010). Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 490-498.
7. Chan, J.W.K., & Tong, T.K.L. (2007). Multi-criteria material selections and end-of-life product strategy: Grey relational analysis approach. *Materials & Design*, 28(5), 1539-1546.
8. Ding, H., Benyoucef, L., Xie, X. (2003). A simulation-optimization approach using genetic search for supplier selection. *Proceeding of the 2003 winter simulation conference*, 2(1), 1260-1267.
9. Ghoudsipour, S.H. (2005). Analytical hierarchy process. Tehran: AMIRKABIR University Press.
10. Ghodsypour, S.H., O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56-57, 199-212.
11. Golmohammadi, D., & Mellat-Parast, M. (2012). Developing a grey-based decision-making model for supplier selection. *International Journal of Production Economics*, 137(2), 191-200.
12. Kilincci, O., Onal, S.A. (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9656-9664.
13. Koroglu, R., Prakash, J.S., Burgess, K. (2006). Supply chain management: a structured literature review and implications for future research. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(7), 703-729.
14. Kuo, Y., Yang, T., Huang, G.W. (2008). The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems. *Computers & Industrial Engineering*, 55(1), 80-93.
15. Lin, Y., Chen, M.Y., Liu, S. (2003). Theory of grey systems: capturing uncertainties of grey information. *Kybernetes*, 33(2), 196-218.
16. Min, H. (1994). international supplier selection: a multi-attribute utility approach. *International journal of physical distribution & logistics management*, 24(5), 24-33,
17. Peng, J. (2012). Selection of Logistics Outsourcing Service Suppliers Based on AHP. *Energy Procedia*, 17(1), 595-601.
18. Rezaei, J., & Ortt, R. (2013). Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relation based AHP. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 75-84.
19. Sakni, R. (2012). Analysis of theoretical and supply chain performance metrics across the organization. Automobile industry. 16(1). Retrieved from [www. http://system.parsiblog.com](http://system.parsiblog.com)
20. Shemwell, D.J., Yavas, U., Bilgin, Z. (1998). Customer-service provider relationships: an empirical test of a model of service quality, satisfaction and relationship-oriented outcomes. *International Journal of Service Industry Management*, 9(2), 155-168.
21. Stadtler H., & Kilger, C. (2002). *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Berlin: Springer-Verlag.
22. Yang, C.C., & Chen, B.S. (2006). Supplier selection using combined analytical hierarchy process and grey relational analysis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 926-941.

پیوست : تحلیل رابطه خاکستری

الگوریتم تحلیل روابط خاکستری ارائه شده به صورت زیر می باشد .

گام اول : تولید سری مرجعی $X_0 = (X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(j), \dots, X_0(n))$ ، به طوری که X_i سری مقایسه ای نیز داده شود .

گام دوم : نرمالیزه کردن مجموعه داده ها ، به سه فرم " بزرگتر بهتر " ، " کوچکتر بهتر " ، " عددی بهتر " می توان با مجموعه داده ها برخورد کرد . برای حالت " بزرگتر بهتر " ، $X_i(j)$ می تواند با استفاده از فرمول زیر به $X_i(j)$ تبدیل شود . فرمول به فرم معادله (A1) تعریف شده است .

$$X_i(j) = \frac{X_i(j) - \min X_i(j)}{\max X_i(j) - \min X_i(j)} \quad (A1)$$

$\max, X_i(j)$ ماکزیمم ارزش مقدار j و $\min X_i(j)$ مینیمم ارزش مقدار j می باشد . برای فرم " کوچکتر بهتر " ، $X_i(j)$ با استفاده از فرمول (A2) به $X_i(j)$ تبدیل می شود .

$$X_i(j) = \frac{\max X_i(j) - X_i(j)}{\max X_i(j) - \min X_i(j)} \quad (A2)$$

بنابراین ، سری مرجعی نرمالیزه شده X_0 به صورت X_0 می شود . مجموعه داده های خام ، نیاز دارند که با استفاده از یکی از سه فرم تبدیل داده ها ، نرمالیزه شود .

گام سوم : محاسبه فاصله Δ_{oi} که این مقدار ، تفاوت بین X_0 و X_i در نقطه j می باشد .

گام چهارم : محاسبه ضریب رابطه ای خاکستری $\gamma_{oi}(j)$ با استفاده از معادله (A3):

$$\gamma_{oi} = \frac{\Delta \min - \xi \Delta \max}{\Delta_{oi(j)} + \xi \Delta \max}$$

$\Delta \min = \min \min \Delta_{oi}(j)$ و ξ ضریب تشخیص می باشد . $(\xi \in (0,1))$

گام پنجم : محاسبه درجه ضریب معادله خاکستری \int_{oi} اگر وزن معیارها (w_i) مشخص شده باشد ، رتبه رابطه خاکستری به صورت زیر تعریف می شود .

$$\int_{oi} = \sum_{j=1}^n [w_i(j) \times \gamma_{oi}(j)] \quad (A4)$$

در تحلیل روابط خاکستری هر یک از گزینه ها که رتبه رابطه ای خاکستری بالاتری داشته باشد، بهترین گزینه می

باشد.

