مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال سیزدهم، شماره سوم (پیاپی ۵۰)، پاییز ۹۵، ص ص ۱۱۰-۹۷
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

ارایه مدل ترکیبی فرایند تحلیل شبکه و برنامه‌ریزی آرمانی سفارش‌دهی به تامین‌کنندگان در زنجیره تامین با حداقل انحرافات (مورد مطالعه شرکت ایران خودرو)

سید محمدعلی خاتمی فیروزآبادی[۱]، مقصود امیری[۲]، بهزاد مقیمی شهری[*۳]
۱- دانشیار، دانشگاه علامه طباطبایی، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران.
۲- استاد، دانشگاه علامه طباطبایی، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران.
۳- کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران.

رسید مقاله: ۲۳ بهمن ۱۳۹۴
پذیرش مقاله: ۵ تیر ۱۳۹۵

چکیده
تصمیم‌گیری برای گزینش و تخصیص سفارش به تامین‌کنندگان در زنجیره تامین به عنوان یکی از مهم‌ترین مباحث در این زنجیره مطرح می‌شود و در برگیرنده‌ی عوامل زیادی است که گاهی در تعارض با یکدیگر هستند. در این مقاله روش تحلیل عاملی تاییدی برای شناسایی معیارهای اساسی در گزینش تامین‌کنندگان به کار گرفته شد، هم‌چنین از روش دیمتل و فرایند تحلیل شبکه برای رتبه-بندی تامین‌کنندگان استفاده شد. علاوه بر این از روش برنامه‌ریزی آرمانی عدد صحیح برای هدف‌گذاری تمامی عوامل ملموس و غیر ملموس و هم‌چنین مقادیر کمی و کیفی سطوح زنجیره تامین استفاده گردید. کاهش هزینه خرید و حمل و نقل، کاهش زمان انتظار تا دریافت سفارش، افزایش کیفیت محصول و ... به عنوان آرمان‌های این مقاله لحاظ گردیده است، هم‌چنین سیاست شرکت مبنی بر کاهش تعداد تامین‌کنندگان و تعیین میزان سفارش به تامین‌کنندگان بود که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت و براساس مدل مد نظر شرکت، سفارش‌دهی به تامین‌کنندگان صورت گرفت و در نهایت تحلیل حساسیتی بر روی محدودیت‌های اساسی شرکت انجام شد.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی آرمانی، روش دیمتل، روش فرایند تحلیل شبکه، زنجیره تامین.

۱ مقدمه
امروزه شرکت‌ها در جستجوی مزیت رقابتی هستند تا توانایی رقابت در بازار را داشته باشند، بنابراین آن‌ها باید انتظارات مشتریان‌شان را برآورده سازند. به عبارت بهتر از یک سو درصدد باشند تا کیفیت محصولات‌شان افزایش و از سویی دیگر قیمت محصولات کاهش یابد و تحویل در زمان مقرر را همواره مدنظر داشته باشند. هم‌چنین قابل ذکر است که شرکت‌ها برای انجام فعالیت‌های دوره‌ای خود باید با تامین‌کنندگان مختلفی در

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: moghimi921@atu.ac.ir

ارتباط باشند. امروزه بیش از یک میلیارد شرکت دارای برند تلاش می‌کنند که تولیدات خود را به بازار عرضه نمایند که در این میان تقریبا ۵۰۰ محصول در دنیا صاحب نام بین المللی می‌باشد [۱]. در دنیای رقابتی کنونی بیش‌تر سازمان‌ها تلاش می‌نمایند تا از طریق افزایش کیفیت و کاهش هزینه میزان تقاضای محصولات خود را افزایش دهند. در بیش‌تر صنایع، هزینه مواد خام به عنوان بخش مهمی از هزینه‌های تولید مطرح می‌باشد [۲].

به طور کلی در عملکرد تامین‌کنندگان ممکن است چندین معیار (فاکتور) اثرگذار باشد. اولین نوشته‌های مرتبط با گزینش تامین‌کننده به اوایل دهه ۱۹۶۰ بر می‌گردد؛ اما بررسی معیارها توسط دیکسون تمامی ابعاد مقالات پیشین را در برگرفت و منجر به شناسایی ۲۳ معیار (فاکتور) مختلف در گزینش تامین‌کنندگان شد که شامل کیفیت، تحویل، عملکرد گذشته، تعویض رایگان، قیمت، ظرفیت تکنولوژیکی، وضعیت مالی و... می‌شد [۳]. تاکنون اصلاحات زیادی بر روی معیارهای گزینش تامین‌کنندگان انجام گرفته است که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به رتبه‌بندی وبر در سال ۱۹۹۱ و هاو در سال ۲۰۱۰ اشاره نمود. به‌طور کلی گزینش تامین‌کنندگان در مسایل چند معیاره شامل معیارهای ملموس و غیر ملموس می‌باشد که برخی از آن‌ها با یکدیگر در تعارض هستند. مساله گزینش تامین‌کنندگان مساله‌ای جدیدی نمی‌باشد؛ ولی تحقیقات اندکی بر روی مساله نحوه گزینش تامین‌کنندگان صورت گرفته است که نیاز به بازنگری آن می‌باشد [۴].

مطالعات نشان می‌دهد که خریداران یک پیش ارزیابی از تمامی تامین‌کنندگان بر اساس برخی از معیارها انجام می‌دهند (معیارهایی از قبیل نحوه‌ی عملکرد، ظرفیت تکنولوژیکی، موقعیت جغرافیایی و ...) و اکنون آن‌ها نیاز دارند تا ارزیابی بیش‌تری در مورد تامین‌کنندگان بر اساس موقعیت سفارش در برخی معیارهای مقداری از قبیل قیمت، کیفیت و زمان تحویل انجام دهند. تخصیص سفارش ممکن است به صورت تک منبعی باشد و در صورتی این اتفاق حاصل می‌گردد که بهترین تامین‌کننده ظرفیت کافی برای برآورده ساختن تقاضای خریدار داشته باشد، هم‌چنین تخصیص سفارش چند منبعی در صورتی اتفاق می‌افتد که ظرفیتی محدود در یک مساله صورت پذیرد؛ بنابراین مساله‌ی گزینش تامین‌کنندگان می‌تواند به صورت مساله‌ی برنامه‌ریزی آرمانی برای برخی از معیارها از قبیل ظرفیت تامین‌کنندگان، تقاضای خریداران و ... مدل‌سازی شود.

در این پژوهش با توجه به نیاز شرکت مورد مطالعه و محدودیت‌های پیش روی آن، روش گزینش تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها مد نظر قرار گرفته است، از جمله اهداف شرکت شناسایی معیارهای تاثیرگذار بر انتخاب تامین‌کنندگان می‌باشد. هم‌چنین شناسایی روابط بین معیارهای تاثیرگذار از دیگر اهداف می‌باشد، سپس به رتبه‌بندی تامین‌کنندگان بر اساس معیارهای اساسی شرکت پرداخته شده است و در نهایت بر اساس مدل آرمانی تخصیص سفارش به هر یک از تامین‌کنندگان صورت گرفته است، از جمله آرمان‌های آینده شرکت کاهش هزینه‌های محصولات خریداری شده می‌باشد، از سویی دیگر با توجه به محیط رقابتی کیفیت نقشی اساسی در خرید ایفا می‌نماید، بنابراین کیفیت یکی دیگر از آرمان‌های شرکت است و زمان تحویل محصول نهایی به مشتری یکی از مباحث مهم در شرکت‌های تولیدی بزرگ می‌باشد که منجر به افزایش رضایت مشتری می‌شود، بنابراین به عنوان یکی از آرمان‌های شرکت لحاظ می‌گردد، سایر اهداف شرکت در قالب مطلوبیت خروجی روش فرایند تحلیل شبکه لحاظ گردیده است.

۲ پیشینه پژوهش

معیارهای گزینش تامین‌کنندگان هم کمّی و هم کیفی است، ولی معیارهای کمّی نسبت به معیارهای کیفی به‌طور ملموس‌تر به بهینه‌سازی گزینش تامین‌کنندگان می‌پردازد. به طورکلی برای حل این‌گونه مسایل قدسی‌پور و اُبرین روشی ادغامی را پیشنهاد دادند [۵]. برخی از محققین مساله گزینش تامین‌کنندگان و افق برنامه‌ریزی چنددوره‌ای را بررسی کردند و برای تعیین خرید مقداری در ابتدای هر دوره تعیین نمودند و مساله‌ی خرید از محصولات شرکت آی.بی.ام را در دوره‌های زمانی متفاوت مورد بررسی قرار دادند [۶]. بسنت و لئونگ هزینه‌های سفارش‌دهی و نگهداری را در مدل چند گزینه‌ای[1] به‌وسیله‌ی در نظر گرفتن افق زمان‌بندی چند دوره‌ای[2] در نظر گرفتند [۷].

تمپلمر با مقایسه‌ی بین مقادیر سفارش‌دهی با حجم بالا تصمیم‌گرفت تا با کاهش هزینه‌های خرید و قوانین موجودی هزینه‌های انبارداری را حداقل نماید [۸]. بسنت و لئونگ هزینه سفارش‌دهی انبارداری در مدل چند محصولی با چند افق زمانی چند دوره‌ای را مورد بررسی قرار دادند.آن‌ها یک برنامه خطی ترکیبی برای حداقل نمودن هزینه خرید، سفارش‌دهی و انبارداری را برای رضایت‌مندی تقاضا مورد بررسی قرار دادند [۹]. افق برنامه‌ریزی چند دوره‌ای و معیارهای غیرعینی نمی‌تواند مساله زنجیره تامین را به درستی حل نماید. برای برطرف نمودن این مشکل دمیرتس و اوستون از روش دسته‌بندی نمودن چند دوره‌ای استفاده نمودند [۱۰]. وادهو و راویندران مساله گزینش تامین‌کنندگان را به صورت مساله برنامه‌ریزی چند هدفه مورد بررسی قرار دادند، در این مدل‌سازی قیمت، مدت زمان دریافت سفارش و رد شدن به عنوان سه معیار متعارض در نظر گرفته شد [۱۱]. عمید یک مدل چند هدفه برای مساله گزینش تامین‌کنندگان شامل سه هدف هزینه، کیفیت و تحویل تحت تاثیر محدودیت‌های ظرفیت و تقاضا را مورد بررسی قرار داد [۱۲]. امین و ژانگ یک مدل چند هدفه‌ای برای مساله گزینش تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش در نظر گرفتند، سپس به مقایسه‌ی نگرش برنامه‌ریزی برای حل مدل چند هدفه پرداختند [۱۳]. شاو یک مدل ادغامی از ترکیب برنامه‌ریزی چند هدفه فازی برای گزینش تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش استفاده نمود که اهداف مهمی همچون هزینه‌های خرید، هزینه‌های بازگشت سرمایه و مدت زمان دریافت سفارش را در بر می‌گیرد [۱۴]. لین یک مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی برای گزینش تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها پیشنهاد داد، سپس یک نگرش دو فازی پیشنهاد داد که بر اساس مدل زیمرمن و چن و چاو به حل مساله‌ی چند هدفه‌ی فازی پرداخت [۱۵]. نظری و شکوری یک روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای حل رتبه‌بندی چند هدفه چند محصوله فازی با قیمت، هزینه و کیفیت و زمان تحویل متفاوت را حل نمودند که سه هدف کلیدی را در بر می‌گرفت [۱۶]. اوستون و دمیرتس یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه‌ی چند دوره‌ای برای گزینش تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها در نظر گرفتند و یک برنامه‌ریزی آرمانی منحصر به فرد برای حل مدل چند هدفه به کار بردند آن‌ها یک تابع اضافه نمودند که برنامه‌ریزی آرمانی ماکزیمم- مینیمم[3] و هم‌چنین برنامه‌ریزی آرمانی وزنی[4] را با یکدیگر ترکیب می‌نمود تا

[1] Multi - Choice
[2] Multi - Period
[3] Min-Max Goal Programming (MGP)
[4] Weighted Goal Programming (WGP)

مساله‌ی چند هدفه حل گردد [۱۷]. جولایی یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی چند هدفه ادغامی برای گزینش تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش پیشنهاد داد، هم‌چنین از برنامه‌ریزی آرمانی وزنی برای حل مدل استفاده نمود [۱۸]. چنگ یک روش جدید که به نام برنامه‌ریزی آرمانی چند گزینه‌ای شناخته می‌شود پیشنهاد داد که تصمیم‌گیرنده را قادر می‌ساخت تا چندین سطح برای تابع هدف تعریف نماید [۱۹]، در جدول (۱) خلاصه‌ای از سایر تحقیقات بر روی موضوع بررسی گردیده‌است.

جدول ۱. خلاصه تحقیقات پیشین

عنوان	سال تحقیق	نتایج حاصله
برنامه‌ریزی آرمانی چندهدفه	چنگ، ۲۰۰۷[۱۹]	به کارگیری اعداد صحیح در برنامه ریزی آرمانی چند گزینه‌ای[1] که بیان کننده اهداف گسسته می باشد
به کارگیری تاپسیس فازی برای گزینش تامین‌کنندگان در مدیریت زنجیره تامین	لیائو و کائو، ۲۰۱۱ [۲۰]	بهبود گزینش تامین‌کنندگان با شناسایی دقیق معیارها و رتبه‌بندی آن‌ها
برنامه‌ریزی آرمانی و توسعه آن	اگنیزو، ۱۹۷۶ [۲۱]	به کار گیری برنامه‌ریزی آرمانی برای موقعیت گیری مناسب در زمان پرتاب فضا پیمای آپولو و آنتونا
عملیات پروژه‌های فناوری اطلاعات با هدف بهره‌برداری از آن	چن، ۲۰۱۲ [۲۲]	بهبود تولید و چگونگی تصمیم‌گیری علمی در دوره‌های مختلف شرکت
مطالعه بر روی طیفی از ارزیابی ریسک در مسایل برنامه‌ریزی تصادفی	ژانگ، ۲۰۱۲ [۲۳]	برقراری رابطه بین اهداف چندگانه و از بین بردن تعارضات بین محدودیت‌ها و جستجوی راه حل واقع بینانه
ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان استراتژیک با استفاده از روش ترکیبی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس خاکستری	ثابت مطلق و همکاران، ۱۳۹۳ [۲۴]	استفاده از روش ترکیب خاکستری در گزینش مناسب‌ترین تامین‌کننده با شرایط عدم قطعیت

۳ روش شناسی پژوهش

در این پژوهش به منظور شناسایی ابعاد موضوع ابتدا به مطالعه کتابخانه‌ای پرداخته شد و پس از شناسایی معیارها به صورت میدانی مورد ارزیابی قرارگرفت. معیارهای تحقیق از طریق پرسش‌نامه مورد بررسی قرارگرفت و سپس با استفاده از تحلیل عاملی تاییدی معیارهای مناسب برای گزینش تامین‌کنندگان انتخاب شد، سپس داده‌های مربوط به مدل تخصیص سفارش از طریق مصاحبه با خبرگان جمع‌آوری شد. جامعه آماری مورد مطالعه شامل خبرگان است که در هر پرسش‌نامه بین ۱۵ الی ۲۰ خبره را در برگرفت. هم‌چنین روایی پرسش‌نامه توسط خبرگان مورد تایید قرار گرفت روایی و پایایی پرسش‌نامه دیمتل و فرایند تحلیل شبکه نیز به همین صورت محاسبه شد. برخی از مفروضاتی که در این پژوهش برای مدل‌سازی لحاظ گردیده‌است به صورت زیر عنوان می‌شود.

- در این پژوهش اهداف آرمانی متفاوتی مورد بررسی قرار گرفته که بنا به شرایط و تصمیمات خبرگان واحد لجستیک ایران خودرو مورد استفاده قرار گرفته‌است.

[1] Multi-Choice Goal Programming (MCGP)

- مدل مورد استفاده در این پژوهش از نوع برنامه‌ریزی آرمانی می‌باشد، بنابراین مفروضات برنامه‌ریزی آرمانی در مورد آن صدق می‌نماید.
- هزینه‌ی حمل و نقل بر عهده‌ی شرکت ایران خودرو می‌باشد و فرض بر آن است که حمل و نقل به صورت موثر و بدون تاخیر و مشکلات و مسایل احتمالی انجام می‌گیرد.
- تقاضای کالای مورد بررسی در ابتدای دوره یک ماهه معین می‌گردد و مبتنی بر ظرفیت و امتیازات تامین‌کنندگان به آن‌ها اختصاص داده می‌شود.
- میزان سفارش در ابتدای دوره صفر در نظر گرفته می‌شود و آن به دلیل تک دوره‌ای بودن مفروضات در مدل می‌باشد.
- با توجه به سیاست‌های شرکت و به‌دلیل جلوگیری از پیچیدگی‌های همکاری با تعداد زیادی تامین‌کننده، محدودیتی برای تعداد تامین‌کنندگان در نظر گرفته شده است.
- در مورد قیمت قطعات بدین صورت عمل می‌شود که در ابتدای دوره با تامین‌کنندگان مذاکره می‌شود و قیمت محصولات برای دوره‌ی مشخص تعیین می‌شود و در طی دوره ثابت می‌ماند.

٤ یافته‌های پژوهش

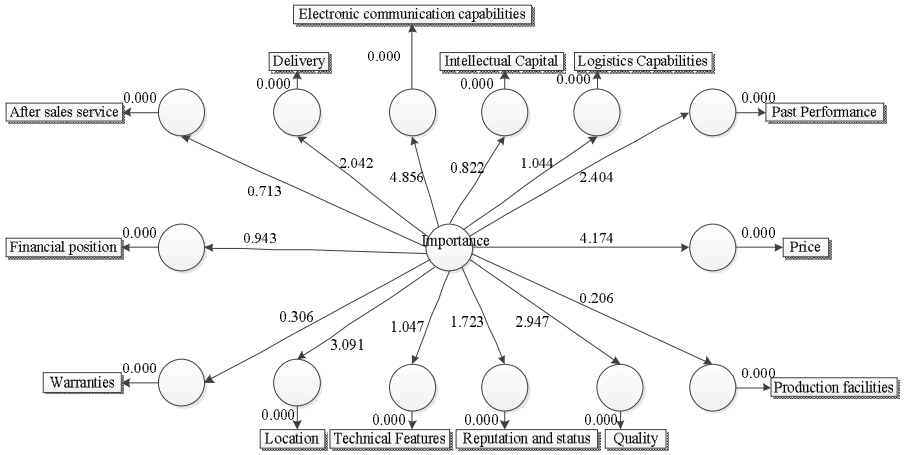
٤-١غربال‌گری معیارها

ابتدا فرایند شناسایی معیارها بر اساس پیشینه تحقیق حاصل گردید، سپس با مصاحبه خبرگان دانشگاهی به روز رسانی شد، سپس لیستی شامل ۱۴ معیار ایجاد گردید که به صورت پرسش‌نامه و بر اساس طیف لیکرت تهیه و در بین خبرگان واحد لجستیک و تامین قطعه توزیع شد. در گام بعدی با تحلیل عاملی تاییدی و آزمون t و به کارگیری نرم‌افزار PLS آن دسته از معیارهایی که مقادیرشان بیش‌تر از ۱/۹۶ بود، به عنوان معیارهای مهم شناسایی و گزینش شد. در شکل (۱) خروجی نرم‌افزار به صورت شماتیک بیان شده است.

٤-٢ شناسایی روابط بین معیارها و زیر معیارها با به کارگیری روش دیمتل[1]

روش دیمتل برای نشان دادن روابط داخلی میان معیارها و یافتن معیارهای اصلی در میان کل معیارها می‌باشد. این روش توسط موسسه‌ی SHAPBMI[2] ژنوا در بین سال‌های ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۶ توسعه یافت و برای تحقیق و حل مسایل پیچیده و مختلفی تاکنون به کار رفته است. مراحل روش دیمتل توسط شیه و همکاران [۲۵] تشریح گردیده است.

[1] The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)
[2] Science and Human Affairs Program of the Battelle Memorial Institute



شکل ۱. خروجی نرم‌افزار PLS- شناسایی معیارهای اصلی

در پرسش‌نامه مربوط به دیمتل از طیف لیکرت استفاده شد که در آن مقادیر (۰) بدون تاثیر، (۱) تاثیر خیلی کم، (۳) تاثیر کم، (۵) تاثیر زیاد و در نهایت (۷) تاثیر خیلی زیاد را بیان می‌نماید. پس از استخراج ماتریس میانگین، ماتریس نرمالیزه و ماتریس کلی، مقادیر ارزش آستانه[1] مشخص گردید و در نهایت نقشه روابط ترسیم گردید، مقادیر ارزش آستانه از میانگین حسابی مقادیر ماتریس کلی به دست می‌آید، آن دسته از جفت معیارهایی که دارای مقادیری بیش‌تر از مقادیر ارزش آستانه دارند، دارای رابطه با یکدیگر می‌باشند و در غیر این‌صورت فاقد رابطه هستند. مقادیر ارزش آستانه برای معیارهای اصلی ۰/۲۹، برای زیر معیارهای معیار تحویل ۲/۲۳۸ و برای زیر معیارهای معیار کیفیت ۱۵/۲۵در نظر گرفته شد. در نهایت نقشه تاثیر بر اساس این اعداد آستانه ترسیم گردید. شکل (۲) نقشه تاثیر روابط بین معیارهای اصلی و نقشه تاثیر بین زیر معیارهای معیارهای اصلی را نشان می‌دهد.

٤-۳ فرایند تحلیل شبکه

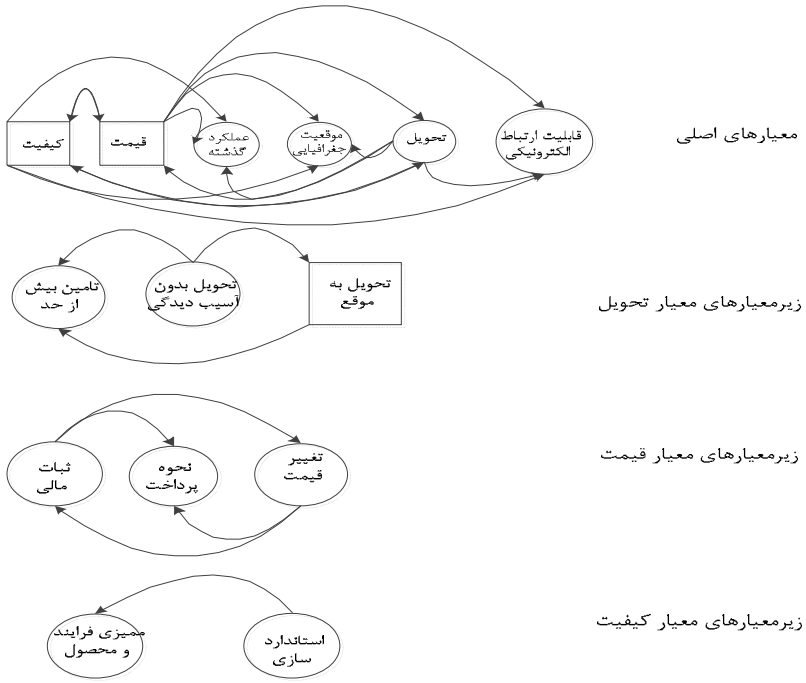
برای رتبه‌بندی معیارها و گزینه‌ها از فرایند تحلیل شبکه استفاده می‌گردد. در این روش ابتدا باید بردار وزنی اولویت‌بندی ماتریس صورت پذیرد که به صورت رابطه(۱) بیان می‌شود.

$$A' = \left(A'_{ij}\right), i, j = ۱,۲,n \qquad (۱)$$

که $a'_{ij} = (\prod_{k=۱}^{m} a_{ij}^{k})^{۱/n}$ نشان دهنده‌ی عناصر تصمیم‌گیری در ماتریس مقایسات زوجی برای k ارزیاب می‌باشد. در این رابطه m نشان دهنده‌ی تعداد ارزیابان و n نشان دهنده‌ی تعداد عناصر تصمیم‌گیری می‌باشد.

در گام بعدی باید سوپرماتریس ترسیم شود. سوپرماتریس در واقع شامل چندین زیر ماتریس می‌باشد که هر کدام دارای بردارهای اولویت وزنی است که از خروجی روش دیمتل و تحلیل شبکه حاصل می‌گردد.

[1] Threshold Value



شکل ۲. نقشه تاثیر روابط بین معیارها

در پرسش‌نامه فرایند تحلیل شبکه این پژوهش ابتدا مقایسات زوجی بین معیارهای اصلی صورت گرفت، سپس به مقایسات زوجی بین زیرمعیارهای معیار اصلی پرداخته شد و در نهایت تمامی گزینه‌ها نسبت به زیر معیارها و معیارها سنجیده شد. در گام بعدی ماتریس میانگین مربوط به معیارهای اصلی و زیر معیارها استخراج گردید، سپس بردار وزنی هر یک از ماتریس‌ها استخراج شد و اطلاعات مربوط به بردار وزنی در سوپر ماتریس قرار گرفت. سوپر ماتریس با استفاده از نرم‌افزار متلب حل گردید. به عبارت دیگر ابتدا سوپر ماتریس همگن شد، سپس با به توان$2k+1$رساندن سوپر ماتریس همگرا گردید که در این پژوهش در k =۱۹ ماتریس همگرا شد، سپس اطلاعات مربوط به رتبه‌بندی و امتیازدهی تامین‌کنندگان از سوپرماتریس حاصل شد که به صورت جدول (۲) می‌باشد.

جدول ۲. خروجی سوپر ماتریس- رتبه‌بندی تامین‌کنندگان

ردیف	گزینه	امتیاز خروجی فرایند تحلیل شبکه
۱	A۳	۰/۳۲۸۹
۲	A۲	۰/۲۶۲۹
۳	A۱	۰/۱۸۷۱
۴	A۴	۰/۱۳۲۳
۵	A۵	۰/۰۸۸۵

٤-٤ مدل برنامه‌ریزی آرمانی

برنامه‌ریزی آرمانی یکی از روش‌های نظری معروف برای مسایل تصمیم‌گیری چند هدفه می‌باشد. چارنز و کوپر، لی، اگنزیو و بسیاری از افراد دیگر ابزارهایی برای توسعه‌ی شکل‌های مختلف برنامه‌ریزی آرمانی ارایه دادند. لین لیست بزرگی از مقالاتی راکه به شرح کاربردی برنامه‌ریزی آرمانی پرداخته‌اند معرفی نمود. با این حال محدودیت‌های عمده‌ای بر سر کاربرد این‌گونه روش‌ها وجود دارد که هوانگ به بررسی تعدادی از محدودیت-های یافت شده در روش موجود اشاره نموده است. به‌طور کلی برای حل مسایل سفارش‌دهی به تامین‌کنندگان، روش‌های تصمیم‌گیری متعددی بر اساس اهداف (MODM) وجود دارد که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش مقیاس‌بندی جهانی (Global Criterion Method)، روش دست‌یابی به آرمان (Goal Attainment)، لکسیکوگرافیک (Lexicographic)، برنامه‌ریزی آرمانی و ... اشاره نمود، اما از آن‌جا که معیارهای فراوانی در تخصیص سفارش به تامین‌کنندگان دخیل می‌باشد و دست‌یابی به تمامی معیارها به‌طور هم‌زمان امکان پذیر نمی‌باشد، بنابراین مدل آرمانی روشی مناسبی برای تخصیص سفارش به تامین‌کنندگان است. در پژوهش انجام شده تابع هدف مدل برنامه‌ریزی آرمانی به صورت رابطه (۲) بیان شد.

$$\min Z = f(d^+, d^-) \qquad (۲)$$

برای ایجاد مدل برنامه‌ریزی آرمانی ابتدا به تعریف متغیرهای تصمیم، سپس به بررسی آرمان‌ها و محدودیت‌های مدل می‌پردازیم. پارامترهای مدل به صورت زیر بیان می‌گردد:

D: میزان تقاضا برای تامین قطعه دوره یک ماهه

TP: هزینه کل خرید دوره یک ماهه

TT: هزینه کل حمل و نقل دوره یک ماهه

TL: زمان کل انتظار قابل پذیرش از هنگام سفارش تا دریافت محصولات

Q: متوسط نرخ کیفیت قابل پذیرش برای کل محصولات

N: تعداد تامین‌کننده‌ای که سفارش‌دهی گردید

متغیرهای تصمیم به صورت زیر عنوان می‌گردد:

X_{ijk}: تعداد محصول i ام سفارش داده شده توسط مشتری(شرکت اصلی)jام از کارخانه تامین‌کننده kام

P_{ijk}: قیمت محصول i ام سفارش داده شده توسط مشتری (شرکت اصلی)jام از کارخانه تامین‌کننده kام

C_{ijk}: هزینه حمل و نقل محصول i ام سفارش داده شده توسط مشتری (شرکت اصلی) jام از کارخانه تامین‌کننده k ام

L_{ijk}: زمان مورد انتظارمحصولi ام سفارش داده شده توسط مشتری (شرکت اصلی)jام از کارخانه تامین‌کننده k ام

Q_{ijk}: درصدکیفیت محصول i ام سفارش داده شده توسط مشتری (شرکت اصلی)jام از کارخانه تامین‌کنندهk ام

Cap_i: ظرفیت هر یک از کارخانجات در تولید محصول i ام در دوره یک ماهه

$MaxO_i$: حداکثر میزان سفارش به تامین‌کننده i ام در دوره یک ماهه

A_{ijk}: مطلوبیت محصول i ام سفارش داده شده توسط مشتری (شرکت اصلی) j ام از کارخانه تامین‌کننده k ام (ضریب خروجی روش فرایند تحلیل شبکه)

با توجه به این‌که مدل تک محصولی (فرمان خودرو) می‌باشد، بنابراین مقدار i همواره یک است، از سویی دیگر در این مدل فقط ایران خودرو به عنوان مشتری شناخته می‌شود، بنابراین مقدار j نیز یک می‌شود.

با توجه به پیشینه پژوهش‌های قبلی پنج آرمان حداقل نمودن هزینه خرید و هزینه حمل و نقل، کمینه کردن زمان انتظار برای دریافت سفارش، حداکثر نمودن کیفیت و در نهایت حداکثر نمودن مطلوبیت (خروجی فرایند تحلیل شبکه) از بیش‌ترین درجه اهمیت برخوردار بودند، بنابراین به عنوان اهداف اصلی در نظر گرفته شدند. برای لحاظ معیارهای بیش‌تر در پژوهش از روش دیمتل و فرایند تحلیل شبکه استفاده گردید، که تحت عنوان آرمان مطلوبیت بیان گردید. مدل برنامه‌ریزی آرمانی آن به صورت زیر بیان می‌گردد:

آرمان اول: حداقل نمودن هزینه خرید ($G1$). هزینه خرید از TP واحد بیش تر نشود. لازم به ذکر است که این مقادیر کلی مانند TP بر اساس اجماع نظر خبرگان به‌دست آمده‌اند که به صورت رابطه (۳) بیان می‌گردد (W_i ها از خروجی سوپرماتریس حاصل می‌شود).

$$W_1 * \frac{TP^+}{TP} \qquad (۳)$$

آرمان دوم: حداقل نمودن هزینه حمل و نقل($G2$)، هزینه حمل و نقل کل از TP واحد بیش‌تر نگردد و به صورت رابطه (۴) بیان می‌گردد.

$$W_2 * \frac{TT^+}{TT} \qquad (۴)$$

آرمان سوم: کمینه کردن کل زمان انتظار برای دریافت سفارش($G3$)؛ زمان مورد انتظار کل از حد TL بیش‌تر نگردد و به صورت رابطه (۵) بیان می‌گردد.

$$W_3 * \frac{TL^+}{TL} \qquad (۵)$$

آرمان چهارم: حداکثر نمودن کیفیت (کمینه کردن اقلام خراب) ($G4$)؛ متوسط کیفیت کل محصولات خریداری شده از حد متوسط Q کم‌تر نشود، درصد کیفیت ایده‌آل (Q) بر اساس نظر خبرگان واحد لجستیک و تامین قطعه فرمان حاصل می‌گردد و به صورت رابطه (۶) بیان می‌گردد.

$$W_4 * \frac{Q^-}{D*Q} \qquad (۶)$$

آرمان پنجم: حداکثر نمودن مطلوبیت ($G5$): مطلوبیت محصولات خروجی فرایند تحلیل شبکه از TA فراتر رود و به صورت رابطه (۷) بیان می‌گردد.

$$W_5 * \frac{TA^-}{D} \qquad (۷)$$

٤-٥ محدودیت‌های مدل

برای مشخص نمودن محدودیت‌های مدل به مطالعه‌ی ادبیات موضوع و مستندات شرکت پرداخته شد و با همکاری واحد لجستیک و تامین قطعه داده‌های مدل مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت وارد مدل شد، این محدودیت‌ها به شرح زیر می‌باشد:

محدودیت تقاضا: سیاست واحد تامین قطعه بر این است که تمامی تقاضاهای بخش فرمان خودرو را در مدت دوره یک ماهه برآورده نماید که به صورت رابطه (۸) بیان می‌گردد.

$$\sum_{i=1}\sum_{j=1}\sum_{k=1} X_{ijk} = D \qquad (۸)$$

محدودیت هزینه خرید کل محصول از تامین‌کننده: هر یک از تامین‌کنندگان بر اساس قیمت تمام شده بر روی محصولات خود قیمت‌گذاری می‌نمایند که به صورت رابطه (۹) در مدل بیان می‌گردد.

$$\sum_{i=1}\sum_{j=1}\sum_{k=1}^{5} P_{ijk} * X_{ijk} + TP^{-} - TP^{+} = TP \qquad (۹)$$

محدودیت هزینه حمل و نقل: با توجه به افزایش روزافزون هزینه‌های سوخت، بنابراین این عامل یکی از عوامل افزایش قیمت محصولات گردیده است و باید در مدل لحاظ گردد که به صورت رابطه‌ی (۱۰) در مدل بیان می‌گردد.

$$\sum_{i=1}\sum_{j=1}\sum_{k=1}^{5} X_{ijk} + TT^{-} - TT^{+} = TT \qquad (۱۰)$$

محدودیت حداکثر مدت زمان دریافت محصول از زمان سفارش‌دهی: با توجه به این‌که برای تولید محصول (فرمان خودرو) توسط تامین‌کننده k یک مدت زمانی به طول می‌انجامد، بنابراین این محدودیت به صورت رابطه (۱۱) بیان می‌گردد.

$$\sum_{i=1}\sum_{j=1}\sum_{k=1}^{5} L_{ijk} * X_{ijk} + TL^{-} - TL^{+} = TL \qquad (۱۱)$$

محدودیت میزان کیفیت محصولات: نظر به این‌که درصدد هستیم تا کیفیت کل محصولات تامین‌کنندگان از متوسط کیفیت در نظر گرفته شده کم‌تر نباشد، بنابراین این محدودیت به صورت رابطه (۱۲) بیان می‌گردد.

$$\sum_{i=1}\sum_{j=1}\sum_{k=1} Q_{ijk} * X_{ijk} + Q^{-} - Q^{+} = Q * D \qquad (۱۲)$$

محدودیت مطلوبیت کل: این محدودیت با توجه به خروجی روش فرایند تحلیل شبکه حاصل می‌گردد که به صورت رابطه (۱۳) بیان می‌شود.

$$\sum_{i=1}\sum_{j=1}\sum_{k=1} A_{ijk} * X_{ijk} + TA^{-} - TA^{+} = D \qquad (۱۳)$$

محدودیت ظرفیت تولید تامین‌کننده: هر یک از تامین‌کنندگان دارای ظرفیتی محدود برای تولید دارند و باید در مدل لحاظ شود که به صورت رابطه (۱۴) در مدل بیان می‌گردد.

$$X_{ijk} \le CAP_{ik} \qquad (۱۴)$$

محدودیت حداقل و حداکثر تعداد تامین‌کنندگان: با توجه به سیاست‌های واحد لجستیک و تامین قطعه مبنی بر این‌که تعداد تامین‌کنندگان باید کاهش یابد تا روابط بهتر و شناخت بیش‌تری نسبت به آن‌ها پیدا شود و از سویی دیگر یک حداقل تعدادی تامین‌کننده برای کاهش ریسک موعد تحویل به موقع و خوابیدن خط تولید در نظر گرفته می‌شود که در مدل به صورت رابطه (۱۵)، (۱۶) و (۱۷)بیان می‌گردد.

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{k=1}^{5} N_{ik} \le MaxSup \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{k=1}^{5} N_{ik} \ge MinSup \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{j=1}^{}\sum_{k=1}^{} X_{ijk} \le N_{ik} * Cap_{ik} \qquad (۱۷)$$

محدودیت حداکثر سفارش به هر تامین‌کننده: با توجه به سیاست‌های شرکت برای هر یک از تامین‌کنندگان حداکثر سفارش در نظر می‌گیرند که به صورت رابطه (۱۸) بیان می‌گردد.

$$X_{ijk} \le MaxO_{ik} \qquad (۱۸)$$

٤-٦ مدل کلی

$$Min\ Z = W_1 * \left(\frac{TP^+}{TP}\right) + W_2 * \left(\frac{TT^+}{TT}\right) + W_3 * \left(\frac{TL^+}{TL}\right) + W_4 * \left(\frac{Q^-}{D*Q}\right) + W_5 * \left(\frac{TA^-}{D}\right)$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{j=1}^{}\sum_{k=1}^{5} X_{ijk} = D,$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{j=1}^{}\sum_{k=1}^{5} P_{ijk} * X_{ijk} + TP^- - TP^+ = TP,$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{j=1}^{}\sum_{k=1}^{5} C_{ijk} * X_{ijk} + TT^- - TT^+ = TT,$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{j=1}^{}\sum_{k=1}^{5} L_{ijk} * X_{ijk} + TL^- - TL^+ = TL,$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{j=1}^{}\sum_{k=1}^{5} Q_{ijk} * X_{ijk} + Q^- - Q^+ = Q * D,$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{j=1}^{}\sum_{k=1}^{5} A_{ijk} * X_{ijk} + TA^- - TA^+ = D,$$

$$X_{ijk} \le CAP_{ik},$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{k=1}^{5} N_{ik} \le MaxSup,$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{k=1}^{5} N_{ik} \ge MinSup,$$

$$\sum_{i=1}^{}\sum_{j=1}^{}\sum_{k=1}^{5} X_{ijk} \le N_{ik} * Cap_{ik},$$

$$X_{ijk} \le MaxO_{ik},$$
$$X_{ijk} = ۰,۱,۲,\ldots(IntegerVariable),$$
$$N_{ik} = ۰ or ۱\ (BinaryVariable).$$

٤-٧ تخصیص سفارش به تامین‌کنندگان

پس از مدل‌سازی و اجرای مدل توسط نرم‌افزار لینگو مدل مذکور برای تخصیص سفارش در اختیار واحد تامین قطعه قرار گرفت، که بخش خروجی نرم‌افزار مربوط به میزان سفارش به هر تامین‌کننده به صورت جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳. خروجی نرم‌افزار لینگو- میزان سفارش به هر تامین‌کننده

	تامین کننده ۱	تامین کننده۲	تامین کننده۳	تامین کننده۴	تامین کننده۵
میزان سفارش (برحسب واحد)	۱۳	۱۰	۰	۸/۵	۰

با توجه به مقادیر سفارش به هر تامین کننده که از خروجی نرم‌افزار لینگو به دست آمده است، مقادیر بهینه مربوط به آرمان‌های مساله در جدول (۴)، نشان داده شده است.

جدول٤. خروجی نرم‌افزار لینگو- مقادیر بهینه آرمان‌های مساله

	هزینه خرید	هزینه حمل و نقل	کل زمان مورد نیاز از سفارش دهی تا دریافت محصول (بر حسب دقیقه)	متوسط درصد کیفیت محصولات
مقادیر	۱۵۲۱۷/۵	۱۴۱/۹۵	۱۱۶۵/۵	۹۶/۴۱۲۷

٤-٨ تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت یعنی تعیین میزان حساسیت جواب بهینه در مقابل تغییرات پارامترهای مدل برنامه‌ریزی خطی و تعیین میزان مجاز تغییر پارامترهای فوق به اندازه‌ای که بردار بهینه مساله بدون تغییر باقی بماند. در جدول (۵) تحلیل حساسیت بر روی محدودیت‌های اساسی صورت گرفته است.

جدول۵. خروجی اکسل- تحلیل حساسیت

	مقادیر سمت راست	درصد تغییرات مقادیر سمت راست	مقدار تابع هدف	درصد تغییرات تابع هدف
تحلیل حساسیت زمان دریافت سفارشTL	۵۷۰/۱۵	-٪۵۰	۴/۳۵۶۳	٪۱۴۸/۴۶
تحلیل حساسیت هزینه خرید محصولاتTP	۷۷۶۴/۷۵	-٪۵۰	۴/۳۳۵	٪۱۴۷/۲۴
تحلیل حساسیت هزینه حمل محصولاتTT	۷۴/۰۲۵	-٪۵۰	۴/۲۲۱	٪۱۴۰/۷۴

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

امروزه محیط رقابتی جهانی شرکت‌ها را مجبور می‌نماید تا به صورت دائمی تغییرات استراتژیکی را در مدیریت کسب و کارشان اعمال نمایند. یکی از تغییراتی که منجر به بهبود فضای کسب و کار می‌گردد، گزینش صحیح تامین‌کنندگان بر اساس معیارهای اساسی خریداران می‌باشد. تاکنون تحقیقات زیادی بر روی رتبه‌بندی تامین‌کنندگان صورت پذیرفته است. برخی از پژوهش‌ها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده نموده‌اند. برخی دیگر روش فرایند تحلیل شبکه و ... را به کار برده‌اند. در این پژوهش نیز از ترکیب روش فرایند تحلیل شبکه و روش برنامه‌ریزی آرمانی برای تخصیص سفارش استفاده گردید. در این مقاله ۱۴ معیار بر اساس ادبیات تحقیق شناسایی گردید که سپس به وسیله‌ی تحلیل عاملی تاییدی و نرم‌افزار PLS، شش معیار کیفیت، قیمت، عملکرد گذشته، موقعیت جغرافیایی، تحویل و قابلیت ارتباط الکترونیکی به عنوان معیارهای اصلی انتخاب شدند، نتایج حاصل از مقایسات نشان دهنده آن است که معیار کیفیت (۰/۳۴۷۸۶)، قیمت (۰/۲۵۷۳۹)، تحویل (۰/۱۸۳۹۶) به ترتیب دارای بیش‌ترین میزان اهمیت را در میان معیارهای اصلی به خود اختصاص داده است. سپس با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای به امتیازدهی تامین‌کنندگان پرداخته شد که تامین‌کنندگان به ترتیب (۳)، (۲)، (۱)، (۴) و (۵) به عنوان برترین تامین‌کنندگان شناسایی شدند. سپس مدل برنامه‌ریزی آرمانی طراحی گردید که شامل پارامترها، محدودیت‌ها و... بود و تخصیص سفارش به تامین‌کنندگان بر اساس آن صورت پذیرفت. در تحلیل حساسیت سه محدودیت اساسی شرکت این موضوع نمایان گردید که زمان دریافت سفارش، هزینه خرید محصول و هزینه حمل و نقل به ترتیب بیش‌ترین تاثیر را بر هدف سازمان می‌گذارد؛ بنابراین باید درصدد کاهش ریسک موارد فوق به ترتیب اولویت برآمد. از جمله نوآوری‌های این مقاله می‌توان به در نظر گرفتن معیارها به صورت دو سطحی اشاره نمود که در سطح اول معیارهای اصلی و در سطح دوم زیر معیارها مورد بررسی قرار گرفت، هم‌چنین پنج آرمان برای مدل در نظر گرفته شد که شامل حداقل نمودن هزینه خرید، حمل و نقل، زمان انتظار تا دریافت سفارش، اقلام خراب و هم‌چنین بیشینه نمودن خروجی فرایند تحلیل شبکه می‌باشد، در تحقیقات پیشین برخی از آرمان‌ها را مد نظر قرار دادند که با توجه به نظر مدیران ارشد مطالعه موردی این آرمان‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

در پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌گردد تا مدل در دوره‌های زمانی متفاوتی مورد بررسی قرار بگیرد، می‌توان مدل‌های احتمالی را برای پیش‌بینی میزان تولید در دوره‌های آتی استفاده کرد، هم‌چنین مدل‌های موجودی را در سطوح زنجیره تامین مورد بررسی قرار داد.

منابع

[۲۴] ثابت مطلق، م.، صالحی صدقیانی، ج.، ایازی، ع.، عابدینی نائینی، م.، (۱۳۹۳). ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان استراتژیک با استفاده از روش ترکیبی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس خاکستری. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن،۱۱(۴)، ۱۱۷-۱۰۱.

[1] Boustani, A., Sahni, S., Gutowski, T., Graves, S., (2010). Tire Remanufacturing and Energy Savings. Environmentally Benign Manufacturing Laboratory. Sloan school of Management, MITEI-1-h-2010.

[2] Tsai, W. C., Wang, C. H., (2010). Decision making of sourcing and order allocation with price discounts. Journal of Manufacturing Systems, 29(1), 47-54.
[3] Dickson, G. W., (1966). An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions, 5-17.
[4] Wang, G., Huang, S. H., Dismukes, J. P., (2004). Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology. International Journal of Production Economics, 91(1), 1–15.
[5] 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, 199–212.
[6] Bender, P. S., Brown, R. W., Isaac, M. H., Shapiro, J. F., (1985). Improving purchasing productivity at IBM with a normative decision support system. Interfaces, 15(3): 106–115.
[7] Basnet, C., Leung, J. M., (2005). Inventory lot-sizing with supplier selection. Computers and Operations Research, 32(1), 1–14.
[8] Tempelmeier, H., (2002). A simple heuristic for dynamic order sizing and supplier selection with time-varying data. Production and Operations Management, 11(4): 499–515.
[9] Basnet, C., Leung, J. M., (2005). Inventory lot-sizing with supplier selection. Computers and Operations Research, 32(1). 1–14.
[10] Demirtas, E. A., Ustun, O.. (2005). Analytic network process and goal programming approach for multi-period lot-sizing with supplier selection. In Proceedings of the 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering, Istanbul, 513–518.
[11] Wadhwa, V., Ravindran, A. R., (2007). Vendor selection in outsourcing. Computers & Operations Research, 34(12), 3725–3737.
[12] Amid, A., Ghodsypour, S. H., O'Brien C., (2009). A weighted additive fuzzy multi-objective model for supplier selection in a supply chain under price breaks. International Journal of Production Economic, (121), 323–332.
[13] Amin, S. H., Zhang, G., (2012). An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: multi-objective approach. Expert Systems with Applications, 39(8), 6782–6791.
[14] Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S. S., Thakur, L. S., (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. Expert System Applications, 39(9), 8182–8192.
[15] Lin, R. H., (2012). An integrated model for supplier selection under a fuzzy situation. International Journal of Production Economic, 138(1): 55–61.
[16] Nazari-Shirkouhi, S., Shakouri, H., Javadi, B., Keramati, A., (2013). Supplier selection and order allocation problem using a two-phase fuzzy multi-objective linear programming. Applied Mathematical Modeling, 37(22), 9308–9323.
[17] Ustun, O., Demirtas, E. A., (2008). Multi-period lot-sizing with supplier selection using achievement scalarizing functions. Computers & Industrial Engineering, 54(4): 918–931.
[18] Jolai, F., Yazdian, S. A., Shahanaghi, K., Khojasteh, M. A., (2011). Integrating fuzzy TOPSIS and multi-period goal programming for purchasing multiple products from multiple suppliers. Journal of Purchasing and Supply Management, 17(1), 42–53.
[19] Chang, C. T., (2007). Multi-choice goal programming. O mega, 35(4), 389–396.
[20] Liao, C. N., Kao, H. P., (2011). An integrated fuzzy TOPSIS and MCGP approach to supplier selection in supply chain management. Expert Systems with Applications, 38(9), 10803–10811.
[21] Ignizio, J. P., (1976). Goal programming and extensions. Lexington Books.
[22] Chen, H. H., (2012). Operations of IT Projects with Balanced Exploitative and Exploratory Activities. Advances in Information Sciences and Service Sciences, 4(12), 444-453.
[23] Zhang, L., (2012). Study on Spectral Risk Measure in Stochastic Capacity Planning Problem. Journal of Convergence Information Technology, 7(9), 25 -32.
[25] Shieh, J. I., Wu, H. H., Huang, K. K., (2010). A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. Knowledge-Based Systems, 23(3), 277-282.