Archive of SID

فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ٤٧، تابستان ١٣٨٧، ٢٠٤ـ ١٦٩

طراحی شبکه تامین چند محصولی با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی دو هدفه و به‌کارگیری روش AHP: مطالعه موردی شبکه‌لجستیک‌خودرو

دکتر ابراهیم تیموری * اشکان حافظ‌الکتب **

دریافت: ۸۶/۶/۵ پذیرش: ۸۷/۶/۱۱

تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی / طراحی شبکهٔ تامین/ مرکز یک‌کاسه‌سازی/ روش معیار جامع/ حل‌های چیره‌ناپذیر

چکیده

همواره بهینه‌سازی بر مبنای هزینه یا سود همراه با محدودیت‌های ظرفیت، بیشترین کاربرد را برای طراحی شبکه تامین داشته است. با این وجود، در مدیریت استراتژیک زنجیره تامین دیدگاه جامع‌تری مورد نیاز است که عواملی همچون قابلیت اطمینان، انعطاف‌پذیری و زمان حمل و نقل را نیز در بر بگیرد. هدف این مقاله ارائه روش و چارچوبی انعطاف‌پذیر جهت طراحی شبکهٔ تامین بر مبنای معیارها و عوامل مختلف تاثیرگذار بر آن است. به این منظور یک مدل برنامه‌ریزی خطی آمیخته عدد صحیح دو هدفه جهت طراحی شبکه تامین و انتخاب مرکز یک‌کاسه‌سازی توسعه داده شد که هدف اول آن بیشینه‌سازی مطلوبیت‌های شبکه، حاصل از فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، و هدف دوم آن کمینه‌سازی هزینه‌های استقرار تسهیلات و جریان کالا در شبکه تامین می‌باشد. در مقایسه با رویکردهای مرسوم که تنها به عوامل هزینه و سود می‌پردازند، استفاده از AHP تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا معیارهای کمی و کیفی را با توجه به سلایق و ذهنیات خود در فرآیند تصمیم‌گیری وارد کند. از سوی دیگر استفاده از برنامه‌ریزی دو هدفه، بررسی مطلوبیت‌های

* دکتری مهندسی صنایع؛ عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران teimoury@iust.ac.ir

** دانشجوی دکتری مهندسی صنایع hafezalkotob@iust.ac.ir

■ دکتر تیموری مسئول مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل از AHP را در کنار تابع هدف سنتی هزینه شبکه تامین میسر می‌سازد. مدل برنامه‌ریزی خطی دو هدفه مزبور به منظور ارزیابی و طراحی شبکه لجستیک یک شرکت خودروسازی مورد استفاده قرار گرفت و از میان روش‌های مختلفی که برای حل وجود داشت روش معیار جامع انتخاب گردید، این روش با تبدیل مدل برنامه‌ریزی دو هدفه به یک مدل برنامه‌ریزی تک هدفه غیر خطی، محاسبه مجموعه‌ای از جواب‌های مستدل را میسر می‌سازد، که نتایج آن ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

دهه‌های پایانی قرن بیستم بر توسعه نقش مدیریت زنجیره تامین در صنایع مختلف نظیر خودروسازی، رایانه و لوازم خانگی گواهی می‌دهد.[۱] بنا به تعریف «زنجیره‌های تامین شامل فرآیندهای چرخه حیات شامل جریان فیزیکی، اطلاعاتی، مالی و دانش می‌باشند که هدفشان ارضای احتیاجات کاربر نهایی به وسیله محصولات و خدماتی است که از طریق تامین‌کنندگان متصل به هم ارائه می‌گردد».[۲] امروزه مدیریت زنجیره تامین بیشتر بر کاهش هزینه تأکید دارد. اما باید توجه داشت که عملکرد آن در دنیای واقعی ابعاد و مشخصاتی گوناگون دارد. همان گونه که مدل انجمن مدیریت زنجیره تامین تشریح می‌کند، عملکرد زنجیره با معیارهایی همچون؛ قابلیت اطمینان، نرخ پاسخگویی، انعطاف‌پذیری، هزینه و دارایی ارزیابی می‌شود.[۳] تحقیقات متعددی به نقش بهبود کیفیت، کاهش هزینه و نیازمندی‌های زمانبندی فعالیت‌ها به عنوان اهداف طراحی زنجیرهٔ تامین اشاره[۹-۴] کرده‌اند.

مباحث و موضوعات مختلفی در تصمیم‌گیری‌های زنجیره تامین مطرح می‌شوند که می‌توان آن‌ها را به طور کلی در شش دستهٔ تسهیلات، موجودی، حمل و نقل، اطلاعات، منبع‌یابی، و قیمت‌گذاری تقسیم‌بندی نمود. تصمیمات مربوط به موجودی پاسخگوی سوالاتی از قبیل آن است که چه مواد و محصولاتی و در چه زمانی در زنجیره جریان داشته باشند. همچنین تصمیمات مربوط به حمل و نقل، به چگونگی جابجایی مواد و محصولات در زنجیره می‌پردازند. در مقابل تصمیمات مربوط به تسهیلات پاسخگوی این سوال است که تسهیلات در چه مکان‌هایی می‌بایست استقرار یابند.[۱۰] تسهیلات مکان‌های فیزیکی در

---

1 - Taylor (1997).
2 - Supply – Chain Council (2003)
۳ - جیمز ب . آیدس (۱۳۸۶).
4 – Handfield, R. B. (1994).
5 – Hammond, J. H. (1990).
6 – Bowersox, D. J. (1996).
7 – Bozarth, C. (1998).
8 – Lowson, B. and King, R. (1999).
9 – Eski gun E, uzsoy, R and Preekel, P. V. (2005).
10 - Chopra, S. and Meindle. P. C (2007).

www.SID.ir

Archive of SID

شبکه زنجیره تامین‌اند، که محصولات در آنجا، ذخیره شده، و یا مونتاژ و یا ساخت و تولید بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد.

تصمیمات مرتبط با تسهیلات، که اغلب با واژه طراحی شبکه تامین نیز شناخته می‌شوند، شامل موارد زیر می‌باشند:

- تصمیم‌گیری در مورد تعداد سطوح و یا رده‌های زنجیره تامین
- تصمیم‌گیری در مورد تعداد و مکان تسهیلات اعم از کارخانه‌های تولید، مونتاژ ، انبارها و مراکز یک‌کاسه‌سازی
- تصمیم‌گیری در مورد ظرفیت هر یک از تسهیلات اعم از کارخانه‌های تولید، مونتاژ ، انبارها و مراکز یک‌کاسه‌سازی
- تصمیم‌گیری در مورد نحوهٔ تخصیص تامین‌کنندگان به تسهیلات فوق
- تصمیم‌گیری در مورد نحوهٔ تخصیص و ارتباط تسهیلات با یکدیگر

تصمیمات مربوط به تسهیلات و طراحی شبکه نقش کلیدی و استراتژیک در عملکرد زنجیره تامین داشته و سود و یا زیان بلندمدت آنرا در پی دارند که می‌توانند همزمان بر روی کارایی و اثربخشی زنجیره تأثیرگذار باشند. به عنوان مثال، شرکت‌ها می‌توانند با استفاده از مزایای اقتصاد مقیاس با تولید و یا ذخیره‌سازی محصولات در یک مکان کارایی فعالیت‌های خود را افزایش دهند، اما همین متمرکزسازی، به نوبه خود می‌تواند منجر به کاهش نرخ پاسخگویی شود چرا که ممکن است برخی تامین‌کنندگان بسیار دور از تسهیل قرار داشته باشند.

مزایای یافتن مکان بهینه تسهیلات تنها به کاهش هزینه‌های حمل و نقل محدود نمی‌شود؛ بهبود روابط میان شرکت با تامین‌کنندگان و مشتریانش از نتایج مهم آن به حساب می‌آیند.[1] تصمیمات مناسب در مورد تسهیلات می‌تواند شرکت‌های تولیدی را در جهت رسیدن به اهداف رقابتی استراتژیک نیز کمک کند. به عنوان مثال، شرکت‌های خودروسازی بزرگی همچون تویوتا و هوندا با تأسیس تسهیلات تولیدی محلی در

1 - Chung, P.T. (2002).

www.SID.ir

Archive of SID

بازارهای هدف بر بسیاری از موانع تجاری، گمرکی و حقوقی فائق آمده‌اند و توانسته‌اند با افزایش نرخ پاسخگویی، قدرت رقابت‌پذیری بیشتری در بازارها داشته باشند.[1]

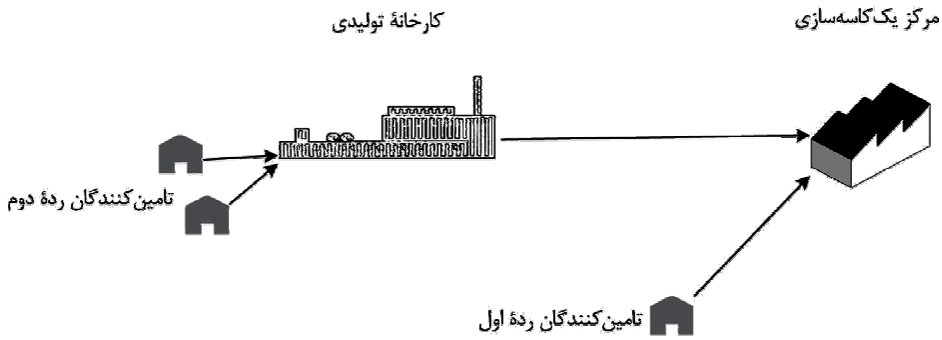
۱. تعریف مسأله

با حضور شرکت‌های خودروسازی ایران در بازارهای جهانی، این شرکت‌ها با چالش‌های جدیدی روبه‌رو شدند که تا آن زمان با آن‌ها مواجه نبودند، و بسیاری از ساختارهای تولیدی، حمل و نقل و بسته‌بندی آن‌ها می‌بایست مورد بازنگری قرار می‌گرفت. از سوی دیگر کلیه فرآیندهای صادراتی باید به گونه‌ای سازماندهی بشوند، که کم‌ترین تداخل و مزاحمت با فرایندهای جاری شرکت‌ها به وجود آید. به همین منظور، فعالیت‌های آماده‌سازی خودروهای صادراتی مشتمل بر دریافت از تامین‌کنندگان، بازبینی، مونتاژهای اولیه، بسته‌بندی و بارگیری همراه با کلیه پردازش‌های اطلاعاتی مورد نیاز آن در مکانی با عنوان مرکز یک‌کاسه‌سازی، تمرکز یافتند. بنابراین در شبکهٔ تامین لجستیک صادرات خودرو، کارخانه‌های قطعه‌سازی پایین‌دستی، مجموعه‌ها و قطعات تولیدی خود را به شرکت سازنده ارسال می‌کنند. این مجموعه‌ها پس از مونتاژ اولیه بر روی خودرو، به مرکز یک‌کاسه‌سازی یا سایت بسته‌بندی[2] ارسال می‌شوند. بعضی تامین‌کنندگان نیز مستقیماً مجموعه‌ها را به این مرکز می فرستند. مرکز یک‌کاسه‌سازی مجموعه‌ها و قطعات دریافتیِ SKD[3] را مرتب می‌کند؛ آن‌ها را دوباره بسته‌بندی کرده و به سایت‌های تولیدی کشورهای دیگر ارسال می‌نماید. شکل (۱) نمایی از شبکه تامین را در شبکهٔ لجستیک صادرات نشان می‌دهد.

1 - Chopra, S. and Meindle (2007).
2 - Consolidation center or packaging center
3 - Semi-knocked down

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. شبکه تامین در زنجیرهٔ تامین صادرات

با این مقدمه، شبکه تامین پشتیبان صادرات خودرو، خود یک زنجیره تامین است که شامل تامین‌کنندگان رده اول، کارخانهٔ تولیدی و تامین‌کنندگان رده دوم می‌باشد. طراحی شبکه تامین پشتیبان صادرات خودرو شامل کلیه تصمیمات طراحی، از جمله تعیین مکان استقرار مرکز یک‌کاسه‌سازی، (یعنی انتخاب آن از بین گزینه‌های موجود)، تخصیص تامین‌کنندگان به آن و همچنین جریان مواد بین تامین‌کنندگان و این مرکز می‌باشد.

هدف این مقاله ارائه مدلی است که طراحی شبکه تامین را با توجه به معیارهای متفاوت اثرگذار بر عملکرد زنجیره انجام دهد. به همین منظور هر یک از موقعیت‌های بالقوه استقرار مرکز یک‌کاسه‌سازی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، اولویت‌بندی می‌شود. سپس این اولویت‌ها وارد تابع هدف یک مسأله برنامه‌ریزی آمیخته عدد صحیح می‌گردند. بدین ترتیب به جای درنظر گرفتن عامل هزینه در طراحی شبکه زنجیره تامین، معیارهای کمی و کیفی متعدد دیگر نیز مورد توجه قرار می‌گیرند.

در بخش دومِ این تحقیق به مروری بر مقالات مرتبط پرداخته می‌شود. در بخش سوم، مباحث نظری در مورد مراحل روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی چند هدفه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش چهارم، به مدلسازی مساله به صورت برنامه‌ریزی آمیخته عدد صحیح دو هدفه پرداخته شده است. در بخش پنجم رویهٔ حل مدل بر مبنای روش معیار جامع توضیح داده می‌شود و در بخش ششم، به تحلیل سناریوی افزایش هزینهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

ثابت استقرار پرداخته می‌شود. در انتها، در بخش هفتم، خلاصه نتایج این تحقیق و پیشنهاداتی جهت تحقیقات آتی آورده شده است.

۲- مرور ادبیات

در مسأله سنتی زنجیرهٔ تامین تمرکز اصلی بر دستیابی به کمترین هزینه و یا بیشترین سود، با توجه به محدودیت‌های مشخص می‌باشد، این امر بیشتر به دلیل اهمیت استراتژیک ساختار شبکهٔ شرکت‌ها است، که هدفشان دستیابی به بیشترین سود می‌باشد. در نتیجه شرکت‌ها، ساختار لجستیکی خود را بر اساس تابع هدف سود و یا هزینه و با توجه به محدودیت‌های کمی همچون؛ زمان یا فاصله حمل و نقل، حداقل موجودی اطمینان و حداقل تعداد دفعات تحویل مشخص می‌کردند. با این وجود، به ندرت این محدودیت‌ها خود به عنوان تابع هدف لحاظ می‌شدند.[1]

Korpela و Lehmusvaara (۱۹۹۹) نگرشی به منظور طراحی شبکه توزیع ارائه نموده‌اند. این نگرش بوسیله معیارهای متفاوتی که توسط AHP مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، انبارها را امتیازدهی می‌نمود و این معیارها مطلوبیت هر انبار را از دید مشتریان مشخص می‌ساخت. سپس امتیازها برای انتخاب انبارها مورد استفاده قرار می‌گرفت. این مقاله تنها به شبکهٔ توزیع پرداخته و طراحی شبکه تامین، انتخاب تامین‌کنندگان، جریان مواد و نوع محصول بین آن‌ها و کارخانه در نظر گرفته نشده است .

در مدیریت زنجیره تامین مزایای بالقوه کاهش زمان تدارک در کاهش موجودی و همچنین در پاسخگویی به تغییرات بازار بر هیچ کس پوشیده نیست[2]. Eskigun et al (۲۰۰۵) مدلی برای طراحی شبکه زنجیره تامین توسعه دادند که علاوه بر هزینه، زمان تدارک را نیز در نظر می‌گرفت. این مدل بمنظور طراحی شبکه توزیع یک شرکت خودروسازی به‌کار گرفته شد، که نتایج آن در مقاله ارائه گردیده است.

Chuang (۲۰۰۲) مدل جدیدی را بر مبنای تابع استقرار وظیفه‌ای کیفیت (QFD)[3] برای

1 - Korpela, J and Lehmusvaara. A. (1999).
2 - Eskigun, E, Usoy. R and Preckel, P. V(2005).
3 - Quality function deployment

www.SID.ir

Archive of SID

طراحی شبکه توزیع و انتخاب توزیع کنندگان توسعه داد. در این مدل ابتدا نیازمندی‌های مشتریان از شبکه مشخص می‌شود. سپس این عوامل دسته‌بندی و امتیازدهی می‌گردند و بوسیله ابزاری با نام خانه کیفیت[1] این نیازمندی‌ها ساختار شبکه و توزیع کنندگان را مشخص می‌سازند. این مقاله نیز تنها به مکان‌یابی مراکز توزیع پرداخته و جریان بین عناصر شبکه توزیع مورد ارزیابی قرار نگرفته است.[2]

غضنفری و همکاران (۱۳۸۲) مباحث کلان مدیریت استراتژیک تامین‌کنندگان خودروسازی را مورد بررسی قرار دادند و پس از معرفی مدل‌های مطرح در زمینه مدیریت تامین‌کنندگان و تحلیل و مقایسه آن‌ها، به معرفی شرکت‌های استراتژیک و رده‌بندی استراتژیک تامین کنندگان پرداختند.[3]

قلی آریانژاد و تیموری (۱۳۸۲)، مدل یکپارچه تصمیم‌گیری جهت انتخاب و توسعه تامین‌کنندگان به صورت توامان، ارائه نمودند و از آنجا که لازمه این امر مقایسات فراوان جهت دستیابی به اهداف متعدد بر اساس معیارهای کیفی و کمی است، لذا مدلسازی مساله به صورت یک برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه صورت گرفته است. با این وجود در این تحقیق تنها به مساله انتخاب تامین‌کنندگان پرداخته شده و مکان‌یابی و طراحی شبکه مورد بررسی قرار نگرفته است.[4]

قلی آریانژاد و جمالی فیروزآبادی (۱۳۸۳) مدلی جهت انتخاب بهترین تامین‌کنندگان در حالت چند هدفه توسعه دادند که در آن معیارهایی همچون هزینه اقلام، کیفیت و غیره به طور همزمان در نظر گرفته شد. قابلیت انعطاف مدل ارائه شده بصورتی است که بتوان با تکیه بر نقطه نظرات تصمیم‌گیرنده، مدل را در جهت رسیدن به چند هدف به‌صورت همزمان کمک نماید.[5]

عسگری و همکاران (۱۳۸۴) مدلی جهت تحلیل پارامترهای سیستم موجودی در

---

1 - House of quality
2 - Chuang, P.T (2002).

۳- غضنفری، حافظ و کاظمی (۱۳۸۲).

۴ - قلی آریا نژاد و تیموری (۱۳۸۲).

۵- قلی آریانژاد و جمالی فیروزآبادی (۱۳۸۳) .

www.SID.ir

Archive of SID

زنجیره تامین در حالت چند هدفه ارائه نمودند که هدف اصلی آن تامین سطحی از رضایت در سرتاسر زنجیره بود. از آنجا که این مدل یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط با توابع خطی بود، حل مدل توسط الگوریتم‌های معمول برنامه‌ریزی خطی بدست آمده است. در این تحقیق بر روی نحوهٔ تعامل خریداران و تامین‌کنندگان در حالتی که هر یک قدرت بیشتری داشته باشند بحث شده است و سیاست‌های موجودی و سفارش‌دهی تحت این شرایط بررسی شده است[۱].

جوادیان نیکبخش و همکاران (۱۳۸۵) مدلی بر اساس تابع مطلوبیت چندشاخصه برای تعیین تامین‌کنندگان ارائه نمودند. در این مقاله بر مبنای معیارهای مدل مرجع عملیات زنجیره تامین (SCOR) و همچنین در نظر گرفتن مقادیر کمی و کیفی دیگر و نیز شرایط احتمالی مدلی بر مبنای تئوری مطلوبیت گروهی برای انتخاب تامین‌کنندگان ارائه شده است.[۲]

بابایی حاجی‌بکنده و همکاران (۱۳۸۵) به منظور جایابی تسهیلات در سیستم لجستیک مدل تصمیم‌گیری چندهدفه فازی توسعه دادند. در مدل یک شبکه دو سطحی در نظر گرفته شده است که تعداد و مکان باراندازهای موقتی به گونه‌ای تعیین می‌گردد که ضمن تخصیص سازندگان و تامین‌کنندگان به هر یک از این باراندازهای موقتی، از حداکثر ظرفیت وسایل نقلیه در ارسال قطعات استفاده شود.[۳]

عمید و قدسی‌پور (۱۳۸۵) یک مدل چند هدفه وزندار برای تخصیص سفارشات خرید به تامین‌کنندگان ارائه دادند که معیارهای کیفیت، هزینه و سطح سرویس به عنوان سه هدف فازی در نظر گرفته است. در این مدل مجموع وزندار توابع عضویت تابع تصمیم‌گیری به گونه‌ای تشکیل داده شده است که وزن معیارها متناسب با اهمیت آن‌ها در زنجیره تامین باشند .[۴]

استفاده از روش AHP بمنظور طراحی شبکهٔ تامین چند محصولی نگرش جدیدی است

---

۱ - نسرین عسگری (۱۳۸۴).

۲- جوادیان، صنایمی و موسوی (۱۳۸۵) .

۳- بابایی، خلیلی و غضنفری (۱۳۸۵) .

۴- عمید و قدسی پور (۱۳۸۵).

www.SID.ir

Archive of SID

که در تحقیقاتی که تاکنون در این حوزه صورت گرفته به آن پرداخته نشده است. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم این تحقیق ارائه دادن یک مدل دو هدفه به منظور در نظر گرفتن توامان هزینه در کنار دیگر معیارهای کمی و کیفی تاثیرگذار و تولید جواب‌های چیره‌ناپذیر است.

۳- مبانی نظری تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی چندهدفه

۳-۱ تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی یک نظریه اندازه‌گیری است که با معیارهای قابل سنجش و ناملموس سر و کار دارد که در بسیاری از زمینه‌ها از جمله نظریه تصمیم‌گیری کاربرد فراوانی دارد.[1] به کمک AHP می‌توان عناصر هر مسأله را به صورت ساختار سلسله مراتبی تعریف نمود. این ابزار از تصمیم‌گیری‌های اجرایی پشتیبانی می‌کند؛ با تصمیم‌گیری‌های پیشنهادی ارتباط برقرار می‌نماید؛ از ادراک، دانش و تجربه بهره می‌گیرد؛ اولویت‌ها را استخراج می‌کند و گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌نماید.[2]

AHP بر سه اصل زیر استوار است:

الف) برپایی یک ساختار و قالب رده‌ای برای مساله؛ درک پدیده‌ها و مسائل بزرگ و پیچیده برای ذهن انسان می‌تواند مشکل آفرین باشد، از این رو تجزیه یک مساله بزرگ به عناصر جزئی آن (با استفاده از یک ساختار سلسله مراتبی) می‌تواند به درک انسان کمک نماید. ارتباط هر عنصر با سایر عناصر باید در ساختار رده‌ای و در سطوح مختلف مشخص گردیده و ارتباط هدف اصلی موجود در مساله با پایین‌ترین رده موجود از سلسله مراتب تشکیل شده دقیقا روشن شده باشد.

ب) برقراری ترجیحات از طریق مقایسات زوجی؛ بعد از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی می‌توان از روش‌های مختلفی همچون روش آنتروپی، روش Linmap، روش کمترین مجذورات وزین شده و یا روش بردار ویژه برای ارزیابی وزن‌ها استفاده نمود.

---

1 - Vargas (1990).

2 - Saaty and Kearns.

www.SID.ir

Archive of SID

ج) برقراری سازگاری منطقی از اندازه‌گیری‌ها؛ محاسبه شاخص ناسازگاری AHP و تصمیم‌گیری در مورد سازگاری قضاوت‌های ذهنی تصمیم گیرنده.[1]

بنابراین AHP در ابتدا، یک مسأله پیچیده و چندمعیاره را به یک سلسله سطوح تجزیه می‌نماید که هر سطح از چندین عنصر تشکیل شده است؛ سپس این عناصر نیز به مجموعهٔ دیگری از عناصر تجزیه می‌گردند.

در این تحقیق استفاده از **AHP** سه مزیت مهم را در امر تجزیه و تحلیل و مدلسازی در پی داشت:

۱- ایجاد ساختار سلسله مراتبی معیارهای طراحی شبکه تامین، خود نیازمند تفکر بیشتر در مورد عملکرد سیستم و معیار تاثیرگذار آن بود، که در نهایت موجب شناخت بهتر معیارها شد. این امر با مشورت مدیران و کارشناسان سازمان و همچنین مطالعه ادبیات موضوع (نظیر)[2] حاصل شد.

۲- پس از تعریف و تشکیل معیارها و ساختار سلسله مراتبی آن‌ها، چارچوبی مشخص برای معیارهای مشخص گردید و نظر سنجی از کارشناسان شرکت و تامین کنندگان و امتیازدهی گزینه‌ها با سادگی بیشتری صورت گرفت.

۳- ترکیب معیارهای کیفی و کمی با یکدیگر و تولید یک شاخص مطلوبیت برای هر گزینهٔ استقرار مرکز یک‌کاسه‌سازی، از دیگر مزایای **AHP** است، در مدل شاخص مطلوبیت به سادگی در یکی از توابع هدف قرار می‌گیرد، و مدل در جهتی حرکت می‌کند، تا شاخص مطلوبیت بیشینه گردد.

۲-۳ - برنامه‌ریزی چند هدفه

مدل‌های ریاضی با چندین هدف به صورت زیر نمایش داده می‌شوند:

---

1 -Wind and Saaty (1980).

2 - Korpela and Lehmusvara (1999).

www.SID.ir

Archive of SID

$$\max[f_1(x), f_2(x),..., f_k(x)]$$
$$subject\ to$$
$$g_i(x) \le b_i \qquad i = 1,2,..., m$$
$$x_j \ge 0$$

به گونه‌ای که $x = [x_1, x_2,..., x_n]$. همانطور که مشاهده می‌شود مدل فوق شامل k تابع هدف و m محدودیت است. جواب ایده‌آل برای این مدل، مجموعه مقادیر اختصاص یافته به متغیرهای تصمیم x_j است که در تمامی m محدودیت صدق کرده و همزمان k تابع هدف را بهینه نماید. با این وجود، در اغلب مسائل واقعی به علت تقابل اهداف مدل، جواب موجهی که یک تابع هدف را بهینه می‌کند، نمی‌توان موجب بهینه کردن سایر توابع هدف گردد. لذا تصمیم‌گیری در این وضعیت نیازمند یک جواب کارا و ترجیحی است. روش‌های مختلفی برای حل مدل برنامه‌ریزی چند هدفه وجود دارد که به طور کلی می‌توان آن‌ها را در سه گروه تقسیم‌بندی نمود:

۱- روش‌های حل مدل با گرفتن اطلاعات اولیه از تصمیم‌گیرنده (Priori Preference Articulation)

از جمله روش‌هایی که در این گروه قرار می‌گیرند می‌توان به روش‌های برنامه‌ریزی آرمانی[1]، روش‌بهینه‌سازی تقدمی[2]، دستیابی به آرمان[3]، تبدیل تابع هدف به محدودیت و استفاده از تابع مطلوبیت اشاره کرد.

۲- روش‌های حل مدل با گرفتن اطلاعات از تصمیم‌گیرنده هنگام حل (Progressive Preference Articulation)

روش‌هایی همچون روش جئوفرین[4]، آرمان رضایت‌بخش[5]، روش زیونتز- والنیوس[6] و روش گام در این گروه قرار می‌گیرند.

1 - Goal programming method
2 - Preemptive optimization method
3 - Goal attainment method
4 - Geoffrion method
5 - Satisfactory goals method
6 - Method of Zionts Wallenius

www.SID.ir

Archive of SID

۳- روش‌های حل مدل با گرفتن اطلاعات از تصمیم‌گیرنده بعد از حل (Posteriori Preference Articulation)

روش معیار جامع[1]، روش حداقل انحراف[2] و برنامه تجدیدپذیر[3] نیز جزء روش‌های Posteriori محسوب می‌شوند[4].

روشی که در این تحقیق به منظور حل مدل مورد استفاده قرار گرفته است، روش معیار جامع و یا L-P متریک می‌باشد. منظور از این روش حداقل کردن انحراف توابع هدف موجود در یک مدل چند هدفه نسبت به حل ایده‌آل آن‌ها است. از آنجا که ممکن است هیچ جواب منحصر به فردی که برای تمامی توابع بهینه باشد وجود نداشته باشد، هر تابع هدف به طور مجزا بهینه‌سازی می‌گردد. سپس در مدل، فاصلهٔ این توابع هدف با جواب‌های ایده‌آل کمینه می‌گردد.[5]

یک مساله برنامه‌ریزی دو هدفه بیشینه‌سازی را در نظر می‌گیریم و فرض کنید که f_1^* و f_2^* حل‌های بهینهٔ هر یک از توابع هدف وقتی که به صورت تکی در مدل ظاهر شوند باشند. در روش معیار جامع، فاصلهٔ L-P متریک به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L-P=\left[\lambda\left(\frac{f_1^*-f_1}{f_1^*}\right)^P+(1-\lambda)\left(\frac{f_2^*-f_2}{f_2^*}\right)^P\right]^{1/P} \qquad (۱)$$

با قرار دادن فاصله *L-P* متریک به جای دو تابع هدف مدل برنامه‌ریزی دو هدفه می‌توان مدل مزبور را بوسیله الگوریتم های مرسوم حل برنامه‌ریزی خطی و یا غیر خطی حل نمود. $1\le P\le\infty$ بیانگر پارامتر مشخص کنندهٔ خانواده ***LP*** است. ارزش P مشخص کنندهٔ درجهٔ تاکید بر انحراف موجود می‌باشد، به گونه‌ای که هر چه مقدار P بزرگتر باشد تاکید بیشتری بر بزرگترین انحراف خواهد بود و اگر $P=\infty$ شود، بدان مفهوم است که بزرگترین انحراف از انحراف‌های موجود برای بهینه‌سازی مدنظر واقع می‌گردد. مقادیر $P=1$،

---

1 - Global criteria method
2 - Minimum deviation method
3 - Denovo programming

۴ - آریانژاد و صفا کیش (۱۳۸۷) .

5 - Taylor (1997).

www.SID.ir

Archive of SID

$P=2$ و $P=\infty$ مقادیر رایج P هستند، مدل با مقدار $P=1$ یک برنامه‌ریزی خطی و با مقدار $P=\infty$ قابل تبدیل به برنامه‌ریزی خطی است. ولی مقدار $P=2$ مدل را به یک برنامه‌ریزی غیرخطی (برنامه‌ریزی کوادراتیک) تبدیل می‌کند[۱]. در این تحقیق فاصلهٔ میان توابع هدف و مقادیر ایده‌آل آن‌ها به صورت پله‌ای ($P=1$) در نظر گرفته شده است، البته مدل با پارامترهای $P=2,\infty$ نیز قابل بررسی و حل می‌باشد.

در این مطالعه موردی، تنها تعیین مکان بهینه مرکز یک کاسه سازی مد نظر نبود، چرا که در مسائل واقعی، تولید مجموعه‌ای از جواب‌های مناسب و ارائهٔ اطلاعات آن به مدیران بسیار سودمندتر است. از مزایای مهم روش معیار جامع، توانایی تولید مجموعه‌ای از جواب‌های چیره ناپذیر برای تصمیم‌گیرنده است. در مدل پارامتر λ اهمیت و یا مطلوبیت دو تابع هدف نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهد. می‌توان نشان داد که بهینه‌سازی مدل (۱) به ازای هر λ یک جواب چیره ناپذیر ارائه می‌کند، بنابراین با تغییر سیستماتیک λ می‌توان مجموعه‌ای از جواب‌های چیره‌ناپذیر را تولید نمود. از آنجا که روش معیار جامع یک روش Posteriori می‌باشد، بعد از حل مدل، مجموعه جواب‌های چیره‌ناپذیر به مدیران ارائه می‌شود، و آن‌ها می‌توانند با بررسی جواب‌ها، گزینه‌ای که مطلوبیت بیشتری دارد انتخاب نمایند .

۴ - مدلسازی شبکه تامین خودرو بر مبنای تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی دو هدفه

فرآیند طراحی شبکهٔ تامین، مسأله تصمیم‌گیری پیچیده‌ای است که لازمه آن در نظر گرفتن عناصر کیفی و کمی بی‌شماری می‌باشد؛ می‌توان گفت که هیچ‌گاه اطلاعات کامل در مورد تمام این عناصر وجود ندارد. در چنین شرایطی، برای اینکه بتوان تصمیم صحیحی اتخاذ کرد، می‌بایست اطلاعات موجود، با قضاوت‌های ذهنی ترکیب شوند. AHP ابزار مناسبی است که استفاده توأمان از قضاوت‌های ذهنی و اطلاعات را میسر می‌سازد.[۲]

برای استفاده از AHP اولین قدم تعیین معیارهایی بود که در انتخاب یک مرکز

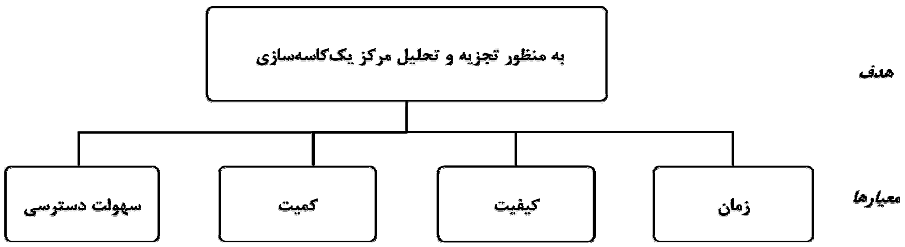
۱- جیمز ب . آیدس (۱۳۸۶).

2 – Supply – Chain Council (2003).

www.SID.ir

Archive of SID

یک‌کاسه‌سازی باید مورد توجه قرار می‌گرفت. آنگاه این معیارها می‌بایست در ساختار سلسله مراتبی سازماندهی می‌شدند. بدین منظور در این تحقیق ابتدا معیارهایی که در تعیین مکان مرکز یک‌کاسه‌سازی و همچنین جریان میان این مرکز و تامین‌کنندگان تأثیرگذار بودند، شناسایی شدند. شکل (۲) ساختار سلسله مراتبی این معیارها را نشان می‌دهد.



شکل (۲): ساختار سلسله مراتبی معیارها به منظور تجزیه و تحلیل گزینه‌های مرکز یک‌کاسه‌سازی

چهار معیار اصلی علاوه بر هزینهٔ شبکهٔ تامین، در تعیین موقعیت مرکز یک‌کاسه‌سازی از اهمیت بسزایی برخوردارند که عبارتند از *زمان تدارک*، *کیفیت* و *کمیت تحویل‌ها* و *سهولت دسترسی به مرکز یک‌کاسه‌سازی*. *زمان تدارک* به مدت زمان حمل قطعات و مجموعه‌ها به موقعیت مرکز یک‌کاسه‌سازی اشاره دارد که خود متناسب با فاصلهٔ تامین‌کنندگان با مرکز و نحوهٔ ارسال قطعات از مرکز یک‌کاسه‌سازی به خارج کشور مطابق با یک برنامهٔ زمانی دقیق و از پیش تعیین شده‌ای می‌باشد. زیرا هر گونه تاخیری در امر ارسال موجب از کار افتادن کارخانه‌های مونتاژ در کشورهای دیگر می‌گردد. بنابراین اینکه تامین‌کنندگان و کارخانهٔ تولیدی بتوانند قطعات را مطابق با زمان‌های از پیش تعیین شده به مرکز ارسال کنند، بسیار مهم می‌باشد و موجب انعطاف‌پذیر شدن فعالیت‌های مرکز یک‌کاسه‌سازی می‌شود.

کیفیت تحویل به کیفیت حمل و نقل قطعات اشاره دارد. به بیان دیگر حمل و نقل قطعات و مجموعه‌ها به موقعیت مرکز یک‌کاسه‌سازی نباید موجب خرابی قطعات و بسته‌بندی آن‌ها شود. کمیت تحویل‌ها به توانایی تحویل مجموعه‌ها در تعداد و مقادیر صحیح به مرکز یک‌کاسه‌سازی اشاره دارد. معیار سهولت دسترسی نیز به سهولت ارتباطات

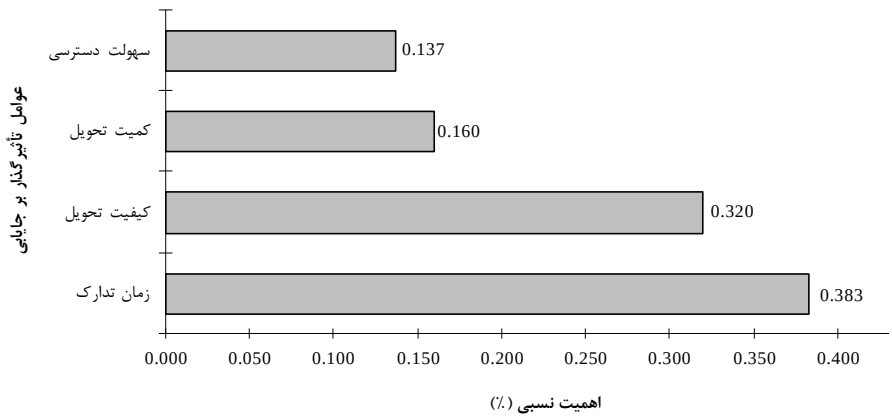
www.SID.ir

Archive of SID

و حمل و نقل قطعات به مرکز یک‌کاسه‌سازی اشاره دارد. برای هر مرکز، وجود زیر ساخت‌های حمل و نقل نظیر جاده‌های ارتباطی، خطوط راه‌آهن و شبکه‌های ارتباطی و مخابراتی، ضروری است.

در کنار این معیارها، معیار هزینهٔ شبکهٔ تامین مطرح می‌شود . این هزینه‌ها شامل هزینه‌های استقرار و تاسیس مرکز یک‌کاسه‌سازی و همچنین هزینه‌های حمل و نقل محموله‌ها به مرکز می‌باشد.

مرحله دوم در تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی، وزن‌دهی دوبه‌دوی هر معیار جزئی با توجه به معیارهای سطح بالاتر است. طبق اصول AHP این امتیازها بر مبنای مقیاس ۱-۹ تعیین می‌شوند. در مطالعهٔ موردی، این امتیازها بر اساس قضاوت خبرگان و صاحب‌نظران شرکت تعیین گردیدند که خلاصهٔ نتایج امتیاز هر یک از معیارها در شکل (۳) نشان داده شده است. در این مرحله اهمیت نسبی هر معیار نسبت به معیارهای دیگر مشخص می‌گردد.



شکل (۳): اهمیت نسبی عوامل تأثیرگذار بر جایابی مرکز یک‌کاسه‌سازی

مرحله سوم تجزیه و تحلیل، امتیازدهی هر مرکز یک‌کاسه‌سازی بالقوه نسبت به معیارهای فوق است. در مطالعه موردی ما پنج مکان بالقوه برای استقرار مرکز در نظر گرفته شد که یکی از آن‌ها سایتی در داخل مجموعه شرکت و دیگری سایتی در فاصله سه کیلومتری محل کارخانه بود. سه مکان دیگر در استان‌های همجوار قرار داشتند. هر مرکز

www.SID.ir

Archive of SID

بالقوه می‌بایست هم از نقطه نظر تامین‌کنندگان و هم کارخانهٔ تولیدی ارزیابی و امتیازدهی می‌شد. بنابراین از یک سو، کارخانهٔ تولیدی باید مطلوبیت هر جایگاه بالقوهٔ مرکز یک‌کاسه‌سازی را از لحاظ هر معیار تعیین می‌نمود. از سوی دیگر، هر تامین‌کننده نیز می‌بایست مطلوبیت هر جایگاه را از لحاظ هر معیار مشخص می‌ساخت. بدین منظور پرسشنامه‌هایی بین هفت کارشناس ارشد لجستیک و بخش مهندسی تامین مواد توزیع گردید، و از آن‌ها خواسته شد هر یک از این ۵ گزینه را بر اساس معیارهای تاثیرگذار امتیاز بندی کنند. پس از بررسی پرسشنامه‌ها و مشورت با مدیریت ارشد امتیازهای گزینه‌ها مطابق جدول (۱) نهایی شد. اما از طرف دیگر مطلوبیت تامین‌کنندگان نیز می‌بایست در مدل وارد شود، اما از آنجا که تعداد تامین‌کنندگان قطعات خودرو بسیار زیاد بودند و نظرسنجی تمام آن‌ها و تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصله عملی نبود، سه تامین کنندهٔ اصلی و تاثیرگذار (برمبنای تنوع قطعات تولیدی و یا حجم و وزن قطعات) مورد نظرسنجی قرار گرفتند. پرسشنامه‌هایی برای آن‌ها ارسال گردید و از آن‌ها خواسته شد هر یک از گزینه‌های مرکز یک‌کاسه‌سازی را بر مبنای چهار معیار اصلی، امتیازدهی نمایند. این پرسشنامه‌ها نیز با مشورت مدیریت ارشد مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج آن‌ها مطابق جداول (۲) تا (۴) نهایی گردید.

مقیاس امتیازدهی به معیارها به شرح زیر بود:

- زمان تحویل: اقلام و مجموعه‌های تولیدی معمولاً در زمان‌های ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ روزه تحویل داده می‌شدند.
- کیفیت و کمیت تحویل‌ها: دقت تحویل‌ها از نظر کیفیت و کمیت اقلام معمولاً برحسب مبنای بالای ۹۹٪، ۹۵-۹۹٪، ۸۵-۹۵٪ و پایین ۸۵٪ اندازه‌گیری می‌شدند.
- سهولت تحویل در پنج سطح؛ عالی، بالاتر از متوسط، متوسط، پایین‌تر از متوسط و غیر قابل قبول در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. تجزیه و تحلیل گزینه‌های مکان‌یابی مرکز یک‌کاسه‌سازی از دید کارخانه تولیدی

گزینه‌ها	%-Max	مجموع مطلوبیت	زمان حمل 0.383		کیفیت حمل 0.320		کمیت حمل 0.16		سهولت دسترسی 0.137	
	(P_j)		امتیاز	مقدار	امتیاز		امتیاز		امتیاز	
مرکز یک‌کاسه‌سازی ۱	۰/۹۴۸	۷/۸۱۱	۹	۱	۷	۹۰٪-۹۵٪	۹	>۹۹٪	۵	متوسط
مرکز یک‌کاسه‌سازی ۲	۱	۸/۲۳۵	۷	۱	۹	>۹۹٪	۹	>۹۹٪	۹	عالی
مرکز یک‌کاسه‌سازی ۳	۰/۴۱۱	۳/۳۸۳	۴	۲	۳	۹۰٪-۸۵٪	۳	۹۰٪-۸۵٪	۳	پایین‌تر از متوسط
مرکز یک‌کاسه‌سازی ۴	۰/۴۹۴	۴/۰۶۹	۴	۲	۳	۹۰٪-۸۵٪	۳	۹۰٪-۸۵٪	۸	بسیار خوب
مرکز یک‌کاسه‌سازی ۵	۰/۴۴۴	۳/۶۵۷	۴	۲	۳	۹۰٪-۸۵٪	۳	۹۰٪-۸۵٪	۵	متوسط

جدول ۲. تجزیه و تحلیل گزینه‌های مکان‌یابی مرکز یک‌کاسه‌سازی از دید تامین کنندهٔ اول

گزینه‌ها	%-Max	مجموع مطلوبیت	زمان حمل 0.383		کیفیت حمل 0.320		کمیت حمل 0.16		سهولت دسترسی 0.137	
	(P_{1j})		امتیاز	مقدار	امتیاز		امتیاز		امتیاز	
مرکز یک کاسه‌سازی ۱	۰/۷۱۲	۶/۴۰۵	۷	۱	۷	۹۹٪-۹۵٪	۵	۹۹٪-۹۵٪	۵	بسیار خوب
مرکزیک کاسه‌سازی ۲	۱	۹/۰۰۰	۹	۱	۹	>۹۹٪	۹	>۹۹٪	۹	عالی
مرکزیک کاسه‌سازی ۳	۰/۳۷۶	۳/۳۸۳	۴	۲	۳	۹۰٪-۸۵٪	۳	۹۰٪-۸۵٪	۳	متوسط
مرکزیک کاسه‌سازی ۴	۰/۴۱۷	۳/۷۴۹	۴	۲	۳	۹۰٪-۸۵٪	۱	<۸۵٪	۸	متوسط
مرکزیک کاسه‌سازی ۵	۰/۳۷۱	۳/۳۳۷	۴	۲	۳	۹۰٪-۸۵٪	۱	<۸۵٪	۵	پایین‌تر از متوسط

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تجزیه و تحلیل گزینه‌های مکان‌یابی مرکز یک‌کاسه‌سازی از دید تامین‌کنندهٔ دوم

گزینه‌ها	%-Max	مجموع مطلوبیت	زمان حمل 0.383		کیفیت حمل 0.320		کمیت حمل 0.16		سهولت دسترسی 0.137	
	(P2j)		امتیاز	مقدار	امتیاز		امتیاز		امتیاز	
مرکز یک کاسه‌سازی ۱	۱	۷/۲۷۵	۷	۱	۷	۹۹٪-۹۵٪	۷	۹۹٪-۹۵٪	۹	عالی
مرکز یک کاسه‌سازی ۲	۰/۹۸۱	۷/۱۳۷	۷	۱	۷	۹۹٪-۹۵٪	۷	۹۹٪-۹۵٪	۸	بسیارخوب
مرکز یک کاسه‌سازی ۳	۰/۵۰۹	۳/۷۰۳	۴	۲	۳	۹۰٪-۸۵٪	۵	۹۵٪-۹۰٪	۳	پایین‌تر از متوسط
مرکز یک کاسه‌سازی ۴	۰/۲۷۰	۱/۹۶۱	۱	۳	۱	<۸۵٪	۱	<۸۵٪	۸	بسیارخوب
مرکز یک کاسه‌سازی ۵	۰/۴۲۷	۳/۱۰۹	۴	۲	۱	<۸۵٪	۱	<۸۵٪	۸	بسیارخوب

جدول ۴. تجزیه و تحلیل گزینه‌های مکان‌یابی مرکز یک‌کاسه‌سازی از دید تامین کنندهٔ سوم

گزینه‌ها	%-Max	مجموع مطلوبیت	زمان حمل 0.383		کیفیت حمل 0.320		کمیت حمل 0.16		سهولت دسترسی 0.137	
	(P3j)		امتیاز	مقدار	امتیاز		امتیاز		امتیاز	
مرکز یک کاسه‌سازی ۱	۰/۵۵۷	۴/۹۳۸	۲	۱	۵	۹۵٪-۹۰٪	۷	۹۹٪-۹۵٪	۵	متوسط
مرکز یک کاسه‌سازی ۲	۰/۶۲۹	۵/۵۷۸	۲	۱	۷	۹۹٪-۹۵٪	۷	۹۹٪-۹۵٪	۵	متوسط
مرکز یک کاسه‌سازی ۳	۰/۴۷۵	۴/۲۱۰	۱	۲	۳	۹۰٪-۸۵٪	۱	<۸۵٪	۳	پایین‌تر از متوسط
مرکز یک کاسه‌سازی ۴	۱	۸/۸۶۳	۱	۳	۹	>۹۹٪	۹	>۹۹٪	۸	بسیار خوب
مرکز یک کاسه‌سازی ۵	۰/۲۷۳	۲/۴۲۲	۲	۲	۱	<۸۵٪	۱	<۸۵٪	۳	پایین‌تر از متوسط

www.SID.ir

Archive of SID

با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه، موقعیت مرکز یک کاسه‌سازی به گونه‌ای تعیین می‌شود که مطلوبیت زنجیره بیشینه گردد و در عین حال هزینه‌های آن کمینه شود. بیشینه‌سازی مطلوبیت شبکه تامین به این معنی است که تابع هدف، محل مرکز و جریان‌های مواد را به گونه‌ای تعیین می‌کند که ساختار شبکه هم از دید کارخانهٔ تولیدی و هم از دید تامین‌کنندگان مطلوب‌ترین و مناسب‌ترین حالت باشد. بدین منظور مطلوبیت‌های مراکز بالقوه که در جداول (۱) تا (۴) محاسبه گردید، به عنوان ضرایب تابع هدف مطلوبیت مدل در نظر گرفته می‌شوند. تابع هدف دوم، تابع هدف هزینه می‌باشد. در این تابع هدف هزینه‌های لجستیکی اعم از هزینه‌های ثابت استقرار و هزینه‌های حمل و نقل مواد و محصولات در نظر گرفته شده است.

در این تحقیق، با توجه به ویژگی‌های مسأله، تنها استقرار یک مرکز مجاز فرض شده است. همچنین دو رده تامین‌کنندهٔ مختلف در نظر گرفته شده است. ردهٔ اول، تامین‌کنندگانی که محصولات را مستقیماً به مرکز یک کاسه‌سازی ارسال می‌کنند که در مدل با مجموعهٔ N نشان داده شده‌اند. تامین‌کنندگان ردهٔ دوم، محصولات خود را به کارخانهٔ تولیدی ارسال می‌کنند. این محصولات پس از مونتاژ به مرکز یک کاسه‌سازی ارسال می‌شوند. در مدل، این تامین‌کنندگان با مجموعهٔ N' نشان داده شده‌اند. تامین‌کنندگان ردهٔ اول قادر به تولید محصولات متنوع مورد نیاز مرکز یک کاسه‌سازی هستند که این محصولات با مجموعهٔ K مشخص شده‌اند. در مقابل فرض شده است که هر تامین‌کنندهٔ ردهٔ دوم یک نوع محصول را تولید می‌کند، در مدل این محصولات با مجموعهٔ K' نشان داده شده است.

در مطالعهٔ موردی، برای تامین‌کنندگان ردهٔ اول، چهار تامین‌کنندهٔ بالقوه در نظر گرفته شد که قادر به تولید چهار نوع محصول مهم می‌باشند. تقاضای این محصولات در جدول (۷) ضمائم قید شده است. از سوی دیگر، برای تامین‌کنندگان ردهٔ دوم، دو تامین‌کنندهٔ بالقوه وجود دارد که محصولات را به کارخانهٔ تولیدی ارسال می‌کنند. تقاضای این محصولات نیز در جدول (۸) ضمائم آورده شده است. محصول اول توسط تامین‌کنندهٔ اول و محصول دوم توسط تامین‌کنندهٔ دوم ساخته می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

نمادهای مدل عبارتند از:

N : نماد نشان‌دهندهٔ مجموعهٔ تامین‌کنندگانی که محصولات خود را مستقیماً به مرکز یک‌کاسه‌سازی می‌فرستند.

N' : نماد نشان‌دهندهٔ مجموعهٔ تامین‌کنندگانی که محصولات خود را به کارخانهٔ تولیدی می‌فرستند.

M : نماد نشان‌دهندهٔ مجموعهٔ گزینه‌های مراکز یک‌کاسه‌سازی بالقوه.

K : نماد نشان‌دهندهٔ مجموعهٔ محصولاتی که مستقیماً به مرکز یک‌کاسه‌سازی ارسال می‌شوند.

K' : نماد نشان‌دهندهٔ مجموعهٔ محصولاتی که به کارخانهٔ تولیدی ارسال شده و از آنجا به مرکز یک‌کاسه‌سازی فرستاده می‌شوند.

P_{ij} : میزان مطلوبیت مرکز یک‌کاسه‌سازی مستقر در موقعیت jاُم از دید تامین‌کنندهٔ iاُم.

P_j : میزان مطلوبیت مرکز یک‌کاسه‌سازی مستقر در موقعیت jاُم از دید کارخانهٔ تولیدی.

D^k : مقدار تقاضا از مادهٔ خام یا محصول kاُم.

F_j : هزینهٔ ثابت استقرار مرکز یک‌کاسه‌سازی در موقعیت jاُم.

c_{ij}^k : هزینهٔ حمل یک واحد محصول نوع k ($k \in K$) از تامین‌کنندهٔ iاُم ($i \in N$) به مرکز یک‌کاسه‌سازی مستقر در موقعیت jاُم.

$\overline{c}_j^k$: هزینهٔ حمل یک واحد محصول نوع k ($k \in K'$) از کارخانهٔ تولیدی به مرکز یک‌کاسه‌سازی مستقر در موقعیت jاُم.

متغیرهای تصمیم مدل عبارتند از:

X_{ij}^k : جریان مواد محصول k ($k \in K$) که از تامین‌کنندهٔ iاُم ($i \in N$) به مرکز یک‌کاسه‌سازی مستقر در موقعیت jاُم ارسال می‌شود.

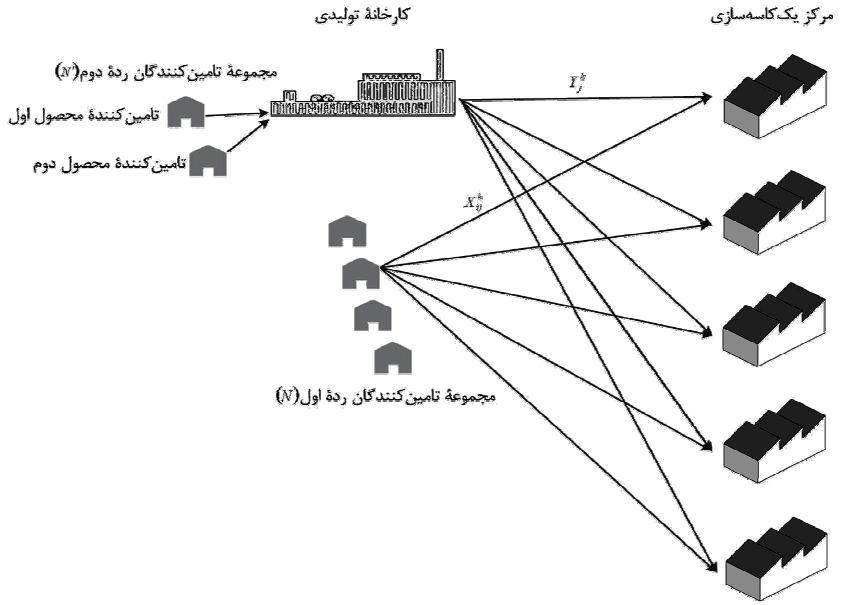
y_j^k : جریان مواد محصول k ($k \in K'$) که از کارخانهٔ تولیدی به مرکز یک‌کاسه‌سازی مستقر در موقعیت jاُم ارسال می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

CC_j: ۱ اگر مرکز یک‌کاسه‌سازی در موقعیت jاُم استقرار یابد.
۰ در غیر این صورت

در شکل (۴) متغیرهای تصمیم بر روی نمای شماتیک مساله مشخص می‌باشد. همان‌طور که قبلاً گفته شد، از پنج گزینه که برای مرکز یک‌کاسه‌سازی وجود دارد، تنها یکی می‌بایست انتخاب شود.



شکل (۴): نمای شماتیک مطالعهٔ موردی طراحی شبکهٔ تامین

با استفاده از این نمادها و متغیرها، مدل MILP به شرح ذیل فرموله شده است:

$$\max Z_{utility} \sum_{i\in N}\sum_{j\in M}\sum_{k\in K} P_{ij}X_{ij}^k + \sum_{j\in M}\sum_{k\in K'} P_j Y_j^k \qquad (۲)$$

$$\min Z_{cost} = \sum_{j\in M} F_j\, CC_j + \sum_{i\in N}\sum_{j\in M}\sum_{k\in K} c_{ij}^k X_{ij}^k + \sum_{j\in M}\sum_{k\in K'} \bar{c}_j^k Y_j^k \qquad (۳)$$

s.t.

$$\sum_{i\in N} X_{ij}^k = CC_j D^k \qquad \forall j\in M,\ k\in K \qquad (۴)$$

$$Y_j^k = CC_j D^k \qquad \forall j\in M, k\in K' \qquad (۵)$$

$$\sum_{j\in M} CC_j = 1 \qquad (۶)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$X_{ij}^{k} \geq 0 \qquad \forall i \in N,\ j \in M,\ k \in K \qquad (۷)$$

$$Y_{j}^{k} \geq 0 \qquad \forall j \in M,\ k \in K' \qquad (۸)$$

$$CC_{j} \in \{0,1\} \qquad \forall j \in M \qquad (۹)$$

Korpela و Lehmusvaara (۱۹۹۹) برای محاسبهٔ مطلوبیت شبکه توزیع از ضرب مطلوبیت در جریان مواد استفاده نموده‌اند. در این تحقیق، نیز از چنین نگرشی استفاده شده است. بنابراین تابع هدف (۲) مطلوبیت کل زنجیرهٔ تامین را بیشینه می‌سازد. بخش اول تابع هدف مرتبط با مطلوبیت تامین مواد توسط تامین‌کنندگان ردهٔ اول برای مرکز یک‌کاسه‌سازی می‌باشد و بخش دوم به مطلوبیت تامین مواد ساخته شده توسط کارخانهٔ تولیدی برای مرکز اشاره دارد.

تابع هدف (۳) تابع هدف کمینه سازی هزینه‌های زنجیرهٔ تامین می‌باشد. خرید زمین، ساخت و راه اندازی یک مرکز یک‌کاسه‌سازی در یک موقعیت خاص هزینه‌های مشخصی دارد که بخش اول تابع هدف بیانگر این دسته هزینه‌ها است. حمل هر قلم کالا از هر موقعیت به موقعیت دیگر هزینه‌های معینی را در پی دارد. هزینه‌های حمل و نقل قطعات و مواد متناسب با حجم، مقدار و مسافت کالای جابه‌جا شده می‌باشند. بخش دوم و سوم این تابع هدف به ترتیب به هزینه‌های انتقال مواد از تامین‌کنندگان رده اول به مرکز یک‌کاسه‌سازی، و از کارخانهٔ تولیدی به مرکز اشاره دارد.

محدودیت‌های (۴) محدودیت‌های جریان برای تامین‌کنندگان ردهٔ اول می‌باشند و تضمین می‌کنند که تنها زمانی ارسال محصولی از هر نوع به مرکز یک‌کاسه‌سازی مجاز است که در آن موقعیت، مرکز یک‌کاسه سازی استقرار یافته باشد. به بیان دیگر وقتی مرکز یک‌کاسه سازی در موقعیتی استقرار نداشته باشد ($CC_j = 0$)، کلیهٔ جریان‌ها از تمامی تامین‌کنندگان از هر نوع محصولی که باشد به این موقعیت صفر خواهد شد. اما وقتی مرکز یک‌کاسه‌سازی در موقعیتی استقرار یافت ($CC_j = 1$) این محدودیت، بیان می‌دارد که تقاضای محصول نوع k ام ($k \in K$) می‌بایست از تامین‌کننده به این مرکز ارسال گردد.

محدودیت‌های (۵) نیز محدودیت‌های جریان برای محصولات تامین‌کنندگان ردهٔ دوم می‌باشند و تضمین می‌کنند که تنها در صورتی محموله‌ای از کارخانهٔ تولیدی به مرکز

www.SID.ir

Archive of SID

یک کاسه‌سازی ارسال شود که در آن موقعیت، مرکز یک کاسه‌سازی استقرار یافته باشد. زمانی که مرکز در موقعیتی استقرار یافت ($CC_j = 1$)، آنگاه این محدودیت ارضای تقاضای محصول نوع k ($k \in K'$) را ایجاب می کند.

پیش فرض مدل‌سازی انتخاب یک مرکز یک کاسه‌سازی از بین گزینه‌های موجود است. محدودیت (۶) استقرار تنها یک مرکز را در مدل امکان‌پذیر می‌سازد. محدودیت‌های (۷) و (۸) محدودیت‌های مثبت بودن متغیرها هستند و محدودیت‌های (۹) بیانگر صفر و یک بودن می‌باشند.

۵- رویه حل مدل برنامه‌ریزی خطی دو هدفه

مدل ارائه شده در بخش ۴ مدل برنامه‌ریزی خطی آمیختهٔ عدد صحیح با دو تابع هدف می‌باشد. همان‌طور که در بخش ۳-۲ بیان شد، روش‌ها و رویکردهای متفاوتی برای حل مدل تصمیم‌گیری چند هدفه وجود دارد که برخی به تعامل و کسب اطلاعات از تصمیم‌گیرنده احتیاج ندارند و برخی دیگر به کسب اطلاعات و تعامل با تصمیم‌گیرنده قبل، در حین و یا بعد از حل مساله نیازمند هستند.

فرض کنید $Z^*_{utility}$ و $Z^*_{\cos t}$ حل‌های بهینهٔ هر یک از توابع هدف وقتی که به صورت تکی در مدل ظاهر شوند باشند. فاصلهٔ متریک در روش L-P بمنظور سنجش نزدیکی یک حل موجود نسبت به حل ایده‌آل مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فاصله به صورت زیر است:

$$L-P=\left[\lambda(Z^*_{utility}-Z_{utility})^P+(1-\lambda)(Z_{\cos t}-Z^*_{\cos t})^P\right]^{1/P} \qquad (۱۰)$$

از آنجا که تابع هدف هزینه، کمینه‌سازی است فاصلهٔ $(Z_{\cos t}-Z^*_{\cos t})$ همواره مثبت خواهد بود از طرف دیگر چون تابع هدف مطلوبیت بیشینه‌سازی است فاصلهٔ $(Z^*_{utility}-Z_{utility})$ نیز همواره مثبت می‌باشد. ضریب λ درجهٔ اهمیت (وزن) تابع هدف مطلوبیت است و ارزش P، مشخص کنندهٔ اهمیت درجهٔ انحراف موجود می‌باشد به گونه‌ای که هر چه این ارزش بزرگتر باشد، تاکید بیشتری بر بیشترین انحراف است. همان‌طور که در بخش ۳-۲ بیان شد، مقدار $P=1$ انتخاب شده است.

از آنجا که مقیاس فاصلهٔ متریک برای تابع هدف هزینه و تابع هدف مطلوبیت متفاوت است، ارزش L-P متریک می‌تواند تحت تاثیر مقیاس اندازه‌گیری واقع شود. به منظور

www.SID.ir

Archive of SID

برطرف کردن این مشکل از فرمول زیر استفاده شده است:

$$L-P=\lambda(\frac{Z^{*}_{utility}-Z_{utility}}{Z^{*}_{utility}})+(1-\lambda)(\frac{Z_{\cos t}-Z^{*}_{\cos t}}{Z^{*}_{\cos t}}) \qquad (۱۱)$$

اگر به جای توابع هدف (۲) و (۳)، رابطهٔ (۱۱) را جایگزین کنیم مدل تک‌هدفه حاصل با کمک نرم افزارهای تحقیق در عملیات قابل حل می‌باشد. از آنجا که حل مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه به مطلوبیت‌ها و سلایق تصمیم‌گیران بسیار وابسته است در این تحقیق تنها به تولید یک جواب بهینه اکتفا نشده است، بلکه با تغییر سیستماتیک پارامتر λ مجموعه‌ای از جواب‌های چیره‌ناپذیر ایجاد گردید. با استفاده از داده‌های ورودی جداول (۷) تا (۱۱)، و استفاده از نرم‌افزار Lingo, 8 جواب‌های چیره‌ناپذیر مساله محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است، در این جدول جواب‌های مدل به ازای مقادیر متفاوت λ نشان داده شده است. همان طور که از این جدول بر می‌آید، هر چه مقدار λ افزایش می‌یابد، اهمیت تابع هدف مطلوبیت در مقابل تابع هدف هزینه افزایش می‌یابد. وقتی $\lambda=0$ باشد، $Z^{*}_{\cos t}$ حاصل می‌شود و در صورتی که $\lambda=1$ باشد، $Z^{*}_{utility}$ بدست می‌آید.

جدول (۵): نتایج مدل با مقادیر مختلف مقدار λ

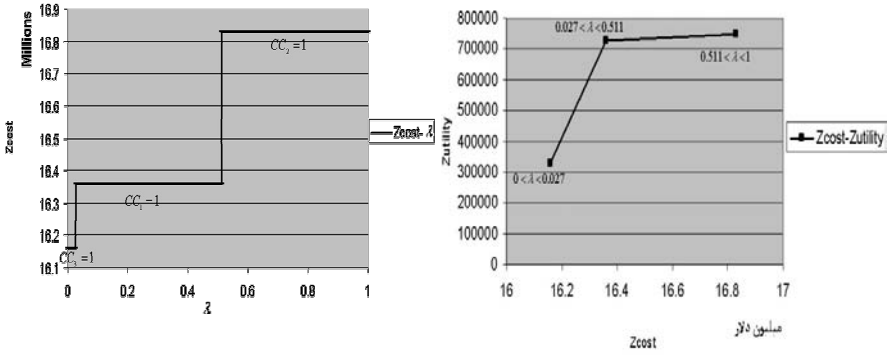
CPU time (s)	L-P value	Zcost	Zutility	CC	λ
1	0	16160000	330650	3	0
1	0.02	16360000	729200	1	0.125
2	0.02	16360000	729200	1	0.25
2	0.02	16360000	729200	1	0.5
1	0	16830000	750000	2	0.625
1	0	16830000	750000	2	0.75
1	0	16830000	750000	2	0.875
1	0	16830000	750000	2	1

شکل (۵) تعامل دو تابع هدف را با توجه به تغییرات λ نشان می‌دهد. وقتی مقدار λ افزایش می‌یابد، مدل اهمیت بیشتری برای مطلوبیت قائل می‌شود. بنابراین مرکز یک‌کاسه‌سازی و جریان‌های شبکه به گونه‌ای تعیین می‌شوند که مقدار تابع مطلوبیت بیشتر شده و تبعاً تابع هدف هزینه اختلاف بیشتر را با مقدار بهینه پایه ($Z^{*}_{\cos t}$) پیدا می‌کند. شکل

www.SID.ir

Archive of SID

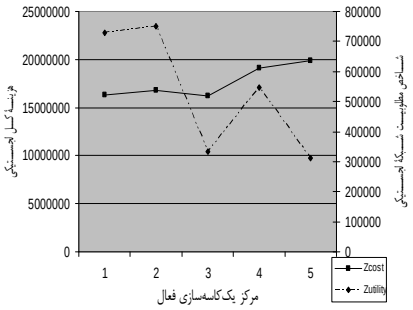
(۶) تغییرات تابع هدف هزینه و جواب‌های مساله را به ازای افزایش λ نشان می‌دهد.



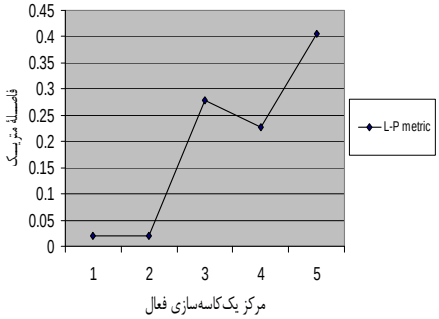
شکل (۵): تعامل دو تابع هدف با توجه به مقادیر λ

شکل (۶): تغییرات تابع هدف هزینه و جواب‌های مساله به ازای افزایش λ

اگر $\lambda = 0.5$ باشد اهمیت توابع هزینه و مطلوبیت یکسان خواهند بود، این مقدار به عنوان مقدار پایه در نظر گرفته شده است. در صورتی که هر یک از مراکز یک کاسه‌سازی را فعال نماییم می‌توان رفتار توابع هدف هزینه و مطلوبیت را بررسی کرد. در شکل (۸) رفتار تابع هدف L-P (۱۱) نشان داده شده است. چون زمانی که مرکز یک کاسه‌سازی اول فعال باشد تابع هدف L-P کم‌ترین مقدار را به خود می‌گیرد، این جواب به عنوان جواب بهینه خواهد بود.



شکل(۷): مقادیر تابع هدف هزینه کل لجستیکی و مطلوبیت به ازای فعال بودن هر یک از مراکز



شکل (۸): مقادیر L-P متریک به ازای فعال بودن هر یک از مراکز

www.SID.ir

Archive of SID

با استفاده از این روش شرکت توانست به ازای پارامتر λ گزینه‌های مختلف طراحی شبکه را ایجاد کند، به ازای فعال بودن یک مرکز یک‌کاسه‌سازی هزینه‌های لجستیکی و مطلوبیت شبکه محاسبه شد. هزینه‌های لجستیکی ترکیبی از هزینه‌های استقرار و آماده‌سازی مرکز یک‌کاسه‌سازی و هزینه‌های حمل و نقل است. اعتبار شاخص هزینه‌ای که در مدل محاسبه می‌شود به دقت و صحت اطلاعات ورودی بستگی دارد، اما از آنجا که تجربه‌ای در مورد راه‌اندازی چنین مرکزی وجود نداشت، سعی شد با مشورت کارشناسان شرکت و جمع‌آوری اطلاعات، در مورد هزینه زمین، احداث، تجهیز و راه‌اندازی مرکز یک‌کاسه‌سازی در هر موقعیت، هزینه ثابت آن پیش‌بینی گردد. ورودی دیگر هزینه‌های حمل و نقل کالا در مدل بود که اطلاعات دقیق‌تری در این مورد در داخل شرکت وجود داشت. اعتبار شاخص مطلوبیت محاسبه شده در مدل به درستی ساختاربندی معیارها و کیفیت نظرسنجی از خبرگان در اولویت‌بندی گزینه‌ها بستگی دارد. هر چه ساختار AHP معیارهای لجستیک با دقت بیشتری ترسیم شود و از خبرگان بیشتر و در سطوح تصمیم‌گیری مختلف جهت نظرسنجی استفاده شود، مطلوبیت لجستیکی شبکه دقیق‌تر و واقع‌گرایانه‌تر خواهد شد.

در انتها، می‌توان این نتایج را با رویکرد سنتی طراحی شبکهٔ تامین که تنها هزینه و یا سود را در نظر می‌گرفت، مقایسه کرد. رویکرد سنتی حالت خاصی از مدل دو هدفه توسعه داده شده می‌باشد که در آن $\lambda = 0$ است جدول (۶) مقایسه دو رویکرد سنتی و رویکرد مدل دو هدفه (هزینه- مطلوبیت) را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۶): مقایسه رویکرد سنتی و رویکرد مدل دوهدفه (هزینه مطلوبیت)

مدل دو هدفه (هزینه – مطلوبیت)				رویکرد سنتی	
CC	Zutility	Zcost	λ	CC	Zcost
3	330650	16160000	0	3	16160000
1	729200	16360000	0.25		
1	729200	16360000	0.5		
2	750000	16830000	0.75		
2	750000	16830000	1		

چون در محاسبهٔ جواب‌های مدل دو هدفه عوامل مختلف در نظر گرفته شده است، انتظار می‌رود که نتیجهٔ به‌دست آمده واقع‌گرایانه‌تر و جامع‌تر از جوابی باشد که تنها با در نظر گرفتن هزینه بدست می‌آمد.

۶- تحلیل حساسیت ـ افزایش هزینه ثابت استقرار

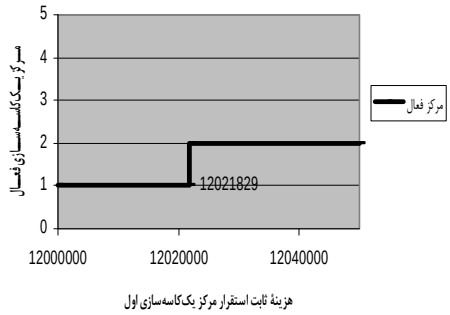
اگر $\lambda = 0.5$ به عنوان مبنا در نظر گرفته شود، می‌توان تاثیرات شرایطی را که ممکن است در آینده به وجود آید (سناریوهای مختلف) را بر روی جواب مدل مورد بررسی قرار داد.

یک سناریو محتمل افزایش هزینه ثابت است. همان طور که از جدول (۵) بر می‌آید، به ازای $\lambda = 0.5$، مرکز یک‌کاسه‌سازی اول فعال می‌باشد. یکی از شرایط محتمل این است که به علت افزایش هزینهٔ خرید زمین و یا هزینه فعالیت‌های عمرانی و راه‌اندازی مرکز در پایتخت کشور، هزینه‌های ثابت استقرار در این مکان (F_1) افزایش می‌یابد.

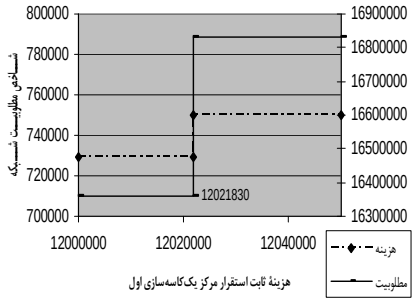
نمودارهای (۹)و (۱۰) تاثیر این تغییرات را تشریح می‌نماید. شکل (۹) نشان می‌دهد، در صورتی که هزینهٔ ثابت استقرار در مرکز ۱، ۲۱۸۳۰ دلار افزایش یابد، این گزینه دیگر اقتصادی نخواهد بود و جایگاه ۲ انتخاب می‌شود. شکل (۱۰) نشان می‌دهد که چنین افزایشی در هزینه استقرار موجب می‌شود که شاخص مطلوبیت ($Z_{utility}$) به میزان ۷۵۰/۰۰۰ و هزینهٔ کل لجستیکی ($Z_{\cos t}$) به میزان ۴۷۰/۰۰۰ افزایش خواهد یافت.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۹): تحلیل حساسیت مرکز یک‌کاسه‌سازی فعال در مقابل هزینه‌های ثابت استقرار آن مرکز



شکل (۱۰): تحلیل حساسیت هزینه و مطلوبیت شبکه در مقابل تغییرات هزینهٔ ثابت

۷. جمع‌بندی و ملاحظات

رویکرد پیشنهادی چارچوبی مشخص و انعطاف‌پذیر به منظور طراحی زنجیرهٔ تامین ارائه می‌کند که در پی بیشینه‌سازی مطلوبیت شبکه هم از دید کارخانهٔ تولیدی و هم از دید تامین‌کنندگان می‌باشد. در مقایسه با رویکردهای مرسوم که تنها به عوامل هزینه و سود می‌پرداختند، استفاده از AHP تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا معیارهای کمی و کیفی دیگر را در فرآیند تصمیم‌گیری وارد کند. از سویی دیگر استفاده از مدل‌های چند هدفه این امکان را به تحلیل‌گر می‌دهد که با تولید جواب‌های چیره‌ناپذیر و ارائه آن به تصمیم‌گیران زنجیره، اطلاعات بیشتری پیرامون گزینه‌های طراحی در اختیار آنان قرار گیرد.

گرچه مدل در جایابی مرکز یک‌کاسه‌سازی در شبکه لجستیک مورد استفاده قرار گرفته است، اما مدل مزبور براحتی قابل کاربرد در جایابی تسهیلات در بسیاری صنایع که معیارها و عوامل مختلفی در جایابی تسهیلات موثرند نیز می‌باشد، که از آن جمله می‌توان به جایابی ایستگاه‌های برق، و یا خطوط انتقال و ذخیره سوخت، پایانه‌های توزیع محصولات مختلف در کشور و یا جایابی تسهیلات حمل و نقل عمومی اشاره نمود. اولین قدم در مدلسازی این مسائل، شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای تاثیرگذار است. مرحلهٔ بعد

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از ساختار سلسله مراتبی برای معیارها می‌باشد و در مرحلهٔ آخر می‌توان با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه ساختار شبکه را (با هر نوع ماهیتی که داشته باشد) تعیین نمود.

پیشنهادات برای تحقیقات آتی

- نگرشی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفت تنها به شبکه تامین محدود می‌شد اما می‌توان آنرا در طراحی توامان شبکه تامین- تولید- توزیع به کار بست.
- از آنجا که در این مقاله هدف تولید جواب‌های چیره‌ناپذیر بود از روش معیار جامع استفاده شد، اما بنا به شرایط مسائل روش‌های دیگر حل برنامه‌ریزی چند هدفه که در بخش ۳-۲ معرفی شدند، همچون برنامه‌ریزی آرمانی، و یا روش‌های تعاملی نیز می‌توانند به کار گرفته شوند.

اگر سطوح تصمیم تامین‌کنندگان و شرکت‌های تولیدکننده متفاوت باشند، (مثلاً رهبر مشخصی در زنجیره وجود داشته باشد که سیاست‌های خود را دیکته کند) می‌توان از برنامه‌ریزی چند سطحی به جای برنامه‌ریزی چند هدفه استفاده نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

اصغرپور، محمد جواد (۱۳۸۳)؛ «*تصمیم‌گیری‌های چند معیاره*»، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، صص ۱۱-۱۳.

بابائی حاجی‌بکنده، مژگان، مهرخ دیزج خلیلی و مهدی غضنفری (۱۳۸۵)؛ «*یک مدل تصمیم گیری چند هدفه فازی برای جایابی تسهیلات در سیستم لجستیک*»، *دومین کنفرانس لجستیک و زنجیره تامین*، مرکز همایش‌های رازی، آبان.

جوادیان، نیکبخش، امیر صنایمی و سید فرید موسوی (۱۳۸۵)؛ «*ارائه مدلی بر اساس تابع مطلوبیت چند شاخصه برای تعیین تامین کنندگان*»، *دومین کنفرانس لجستیک و زنجیره تامین*، مرکز همایش‌های رازی، آبان.

جیمز ب.آیرس، ترجمه تیوری، ابراهیم ـ حافظ‌الکتب، اشکان، (۱۳۸٦)؛ کتاب راهنمای مدیریت زنجیره تامین، *مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران*، چاپ اول، ص ٤-٦.

عسگری، نسرین (۱۳۸٤)؛ «*تحلیل پارامترهای سیستم موجودی در مدیریت زنجیره تایمن در حالت چند هدفه*»، پایان‌نامه دکتری، به راهنمایی اقدسی، محمد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، گروه صنایع.

عمید، امین و سید حسن قدسی‌پور(۱۳۸۵)؛ «مدل چندهدفه فازی وزندار برای تخصیص سفارشات خرید به تامین کنندگان در یک زنجیره تامین»، *دومین کنفرانس لجستیک و زنجیره تامین*، مرکز همایش‌های رازی، آبان.

غضنفری، مهدی، محمود، حافظ و مسعود کاظمی (۱۳۸۲)؛ «*مدیریت استراتژیک تامین‌کنندگان*»، تدبیر، شماره ۱۳٦، صص ۲۸ - ۳۷.

قدسی‌پور، سید حسن (۱۳۷۹) ؛« *فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP*»، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

www.SID.ir

Archive of SID

قدسی‌پور، سید حسن (۱۳۸۲)؛ «*مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره: برنامه‌ریزی چندهدفه*»، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

قلی آریانژاد، میربهادر و ابراهیم تیموری (۱۳۸۲)؛ «*مدل یکپارچه تصمیم‌گیری برای انتخاب و توسعه تامین‌کنندگان*»، امیرکبیر، شماره ٥٤، بهار، ص ٥٤٨ – ٥٦٤.

قلی آریانژاد، میربهادر و کامران جمالی فیروز آبادی (۱۳۸۳)؛ «*مدل انتخاب بهترین تامین‌کنندگان در حالت چند هدفه*»، علوم مهندسی، مجله بین‌المللی، دوره ۱۵، شماره ۳، پاییز، صص ۹۵ – ۱۰۷.

قلی آریانژاد، میربهادر و محمدسعید صفاکیش (۱۳۸۷)؛ «*تصمیم‌گیری چند معیاره*»، دانشگاه آزاد اسلامی (بروجرد).

مهرگان، محمد رضا (۱۳۸٦)؛ «*تصمیم‌گیری با چندین هدف*»، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، چاپ اول، صص ۳۰-۳۳ و صص ۱٤۰-۱٤۲.

Bowersox, D.J., Closs, D.J (1990); *Logistic Management (the integrated supply chain process)*, McGraw-Hill Company, Inc.

Bozarth, C., IIandfild, R., Das, A. (1998); "Stages of Global Sourcing Strategy Evolution: An Exploratory Study", *Journal of Operation Management* 16, pp. 241–255.

Chopra, S.and Meindle, P. (2007); *Supply Chain Management (strategy, planning, and operations)*, Third Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, pp 44-49.

Chuang, P.T.(2002);"A QFD Approach for Distribution's Location Model", *International Journal of Quality & Reliability Management 19*, (8/9), pp. 1037-1054.

Eskigun, E., Uzsoy, R., Preckel, P.V., Beaujon, G., Krishnan, S., Tew, J.D.; "Outbound Supply Chain Network Design with Mode Selection, Lead Times, and Capacitated Vehicle Distribution Centers", *European Journal of Operational Research* 165, pp. 182–206.

Hammond, J.H (1990); "*Quick Response in the Apparel Industry*", Harvard University, Cambridge, MA, report number N9, pp. 690–038.

www.SID.ir

Archive of SID

Handfield, R.B. (1994); "US Global Sourcing: Patterns of Development", *International Journal of Operation & Production Management 14*, pp. 40–51.

Korpela, J., Lehmusvaara, A. (1999); "A Customer Oriented Approach to Warehouse Network Evaluation and Design", *International Journal of Production Economics* 59, pp. 135-146.

Lowson, B., King, R., Hunter, A. (1999); "*Quick Response Managing the Supply Chain to Meet Costumer Demand*", Wiley Chichester, West Sussex, England.

Supply-Chain Council, (2003); "*Supply-Chain Operations Reference Model*", Version 6, http://www.supply-chain.org.

Taylor, D. (1997); "Global Cases in Logistics and Supply Chain Management", *International Thompson Business Press, Boston.*

Vargas, L.G. (1990); "An Overview of the Analytical Hierarchy Process and Its Application", *European Journal of Operational Research* 48, pp. 2-8.

Wind, Y., Saaty, T. L.19980 "Marketing Applications of the Analytical Hierarchy Process", *Management Science* 26, (7), pp. 641-658.

www.SID.ir

Archive of SID

پیوست

جدول (۷): تقاضای محصولاتی که مستقیماً به مرکز یک‌کاسه‌سازی ارسال می‌شوند. ($k \in K$).

محصولات	محصول ۱	محصول ۲	محصول ۳	محصول ٤
D^k	۱۵۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰

جدول (۸): تقاضای محصولاتی که به کارخانه رفته و از آنجا به مرکز یک‌کاسه‌سازی ارسال می‌شوند. ($k \in K'$)

محصولات	محصول ۱	محصول ۲
D^k	۳۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰۰

جدول (۹): هزینهٔ ثابت استقرار و راه‌اندازی مرکز یک‌کاسه‌سازی در هر موقعیت

هزینه ثابت استقرار	مرکز یک‌کاسه‌سازی اول ۱	مرکز یک‌کاسه‌سازی اول ۲	مرکز یک‌کاسه‌سازی اول ۳	مرکز یک‌کاسه‌سازی اول ٤	مرکز یک‌کاسه‌سازی اول ٤
D^k	۱۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰

جدول (۱۰): داده‌های ورودی مرتبط با هزینهٔ حمل و نقل

هزینهٔ حمل و نقل	نوع محصول	مرکز یک‌کاسه‌سازی ۱	مرکز یک‌کاسه‌سازی ۲	مرکز یک‌کاسه‌سازی ۳	مرکز یک‌کاسه‌سازی ٤	مرکز یک‌کاسه‌سازی ٥
کارخانهٔ تولیدی	k=1	۴	۸	۱۶	۲۰	۲۰
	k=2	۱۰	۲۰	۴۰	۵۰	۵۰
تامین کنندهٔ ۱	k=۱	۱	۰/۵	۱/۵	۲	۲/۵

www.SID.ir

Archive of SID

	k=۲	۸	۴	۱۲	۱۶	۲۰
	k=۳	۲/۵	۱/۲۵	۳/۷۵	۵	۶/۲۵
	k=۴	۲	۱	۳	۴	۵
تامین کنندهٔ ۲	k=۱	۱	۰/۵	۱/۵	۲	۲/۵
	k=۲	۸	۴	۱۲	۱۶	۲۰
	k=۳	۲/۵	۱/۲۵	۳/۷۵	۵	۶/۲۵
	k=۴	۲	۱	۳	۴	۵
تامین کنندهٔ ۳	k=۱	۲/۵	۲	۱	۰/۵	۱/۵
	k=۲	۲۰	۱۶	۸	۴	۱۲
	k=۳	۶/۲۵	۵	۲/۵	۱/۲۵	۳/۷۵
	k=۴	۵	۴	۲	۱	۳

جدول (۱۱): داده‌های ورودی مرتبط با مطلوبیت مرکزیک کاسه‌سازی

P_{ij}	مرکز یک کاسه‌سازی ۱	مرکز یک کاسه‌سازی ۲	مرکز یک کاسه‌سازی ۳	مرکز یک کاسه‌سازی ٤	مرکز یک کاسه‌سازی ٥
تامین‌کنندهٔ ۱	۰/۷۱۲	۱	۰/۳۷۶	۰/۴۱۷	۰/۳۷۱
تامین‌کنندهٔ ۲	۱	۰/۹۸۱	۰/۵۰۹	۰/۲۷	۰/۴۲۷
تامین‌کنندهٔ ۳	۰/۵۵۷	۰/۶۲۹	۰/۴۷۵	۱	۰/۲۷۳
P_j	۰/۹۴۸	۱	۰/۴۱۱	۰/۴۹۴	۰/۴۴

www.SID.ir