مکان یابی مراکز توزیع با استفاده از مدل‌برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح

دکتر احمد جعفر نژاد،[1*] مجید اسماعیلیان،[2] مهران رضوانی[3]

۱- دانشیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳- دانشجوی دکتری مدیریت بازاریابی بین‌الملل، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۸۵/۷/۱۸ پذیرش: ۸۶/۹/۲۴

چکیده

در این مقاله، یک مدل جدید برای مکان یابی مراکز توزیع ارائه شده که هزینه های مربوط به موجودی کالا و ذخیره اطمینان را شامل می‌شود. دراین مدل، هزینه حمل کالا از تأمین کننده به مراکز توزیع که بیان کننده مقیاس اقتصادی استفاده از اقلام ثابت هزینه می‌باشد نیز در مدل وارد شده و مسأله به صورت یک مدل برنامه ریزی غیر خطی عدد صحیح صفر و یک فرموله شده است.

از نرم افزار «اکسل» برای مدل سازی و حل مدل استفاده شده و در نهایت در مورد تحلیل حساسیت نتایج به تغییر در پارامترهای کلیدی مدل، چون هزینه های ثابت ایجاد مراکز توزیع و هزینه ثابت سفارش بحث شده است. در نتیجه کاربرد تجارت الکترونیک این نوع هزینه‌ها کاهش چشمگیری داشته است. در این شرایط برای کاهش هزینه کل، باید تعداد مراکز توزیع افزایش یابد.

کلید واژه‌ها: مکان یابی، زنجیره توزیع، مدل عدد صحیح غیر خطی

۱- مقدمه

در دنیای پر رقابت کنونی برای شرکتهایی که سعی دارند به طور همزمان هزینه ها را کاهش

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: jaFarnjad@ut.ac.ir

داده، سطح کیفیت خدمات ارائه شده به مشتریان را افزایش دهند، مدیریت موجودی[1] به صورت یک چالش اساسی در آمده است. مدیریت موجودی، شامل دو فعالیت اساسی است؛ اول تعیین تعداد بهینه مراکز ذخیره و توزیع، و دوم تعیین سطح بهینه موجودی کالا که باید در هر یک از مراکز توزیع نگهداری شود.

در اغلب موارد، این دو فعالیت به طور مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد که این امر به جواب کاملاً بهینه منجر نمی‌گردد، در این مقاله با یک نگرش جامع و یکپارچه تعداد بهینه مراکز توزیع و سطح بهینه موجودی در هر یک از آنها تعیین می‌گردد. اهمیت مدیریت موجودی و توجه به آن به گونه‌ای که در این مقاله ارائه شده در این است که اگر هر چیز تحت تأثیر تجارت الکترونیک[2] قرار بگیرد، مشتریان نهایی انتظار کیفیت بالا در خدمات و سرعت بالا در تحویل کالا را دارند. بنابراین، بسیاری از مفاهیم مدیریت موجودی سنتی دچار تغییرات اساسی می‌گردند. انتظار می‌رود تجارت الکترونیک با کاهش هزینه‌های سفارش، امکان خریدهای متوالی و کم حجم را فراهم سازد. مدل ارائه شده شامل هزینه های سفارش نیز هست و در نتیجه، قادر خواهیم بود تأثیر کاهش سریع در هزینه های سفارش را بر روی تعداد مراکز توزیع، مکان آنها و سطح بهینه موجودی در هر یک مشخص کنیم. تجارت الکترونیک باعث وضوح و شفافیت در اطلاعات شده، این امر می تواند اثر شلاق چرمی[3] در طول زنجیره عرضه را خنثی کند.

۲- ادبیات موضوع

تئوری کنترل موجودی، درصدد تعیین استراتژی بهینه سطح موجودی، زمانهای سفارش در مراکزتوزیع و مجاری فروش است و تئوری مکان‌یابی درصدد تعیین تعداد بهینه مراکز توزیع و فروش و مکان آنها است. این مدلها اغلب هزینه های ثابت راه‌اندازی یک مکان و هزینه‌های حمل و نقل را شامل می‌شوند، ولی هزینه‌های کمبود کالا عموماً در نظر گرفته نمی‌شود.

داسکین و اوون (۱۹۹۸و۱۹۹۹) یک ارزیابی کلی از مدلهای مکان یابی تسهیلات ارائه

1. Distribution Center
2. Electronic Commerce
3. BullWhip

کردند [۲؛۱] که تشابه فراوانی با کار انجام شده توسط داسکین (۱۹۹۵) و دریزنر (۱۹۹۵) داشت[٤؛۳]. اپین در سال ۱۹۷۹، مطالعاتی در مورد تاثیر مشارکت گروهی از خرده فروشان در کاهش هزینه های موجودی انجام داد که به «تاثیر همکاری در ریسک»[1] مشهور گردید[٥]. فرض کنید تقاضای مشتریان دارای توزیع نرمال با میانگین μ_i و انحراف استاندارد σ_i است. پس کل هزینه موجودی مورد انتظار در حالت عدم تمرکز برای n خرده فروش برابر با $k\sum_{i=1}^{n}\sigma_i$ است. اگر تقاضا برای خرده فروش مستقل باشد هزینه موجودی در حالت تمرکز خرده فروشان برابر با $k\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\sigma_i^2}$ خواهد بود که کوچکتر از $k\sum_{i=1}^{n}\sigma_i$ است. K ، یک مقدار ثابت است که هزینه های کمبود و نگهداری را شامل می‌شود.

مطالات فراوانی در زمینه مدیریت موجودی و تصمیمات متداول در آن انجام شده که می‌توان به Federgruen وZipkin (۱۹۸٤)، Kaminsky و Simchi–Levi (۲۰۰۰)، Viswanathan وMathur (۱۹۹۷)، Chan، Federgruen و SimchiLevi (۱۹۹۸) و Kleywegt، Noriو Savelsbergh (۲۰۰۰) اشاره کرد[٦؛ ۷؛ ۸؛ ۹؛ ۱۰].

همچنین مطالعاتی در مورد انواع مدلهای مکان یابی و تصمیمات متداول مربوط به آن انجام گرفته است که می توان از Laporte **و** Dejax (۱۹۸۹)، Berman ، Jaillet و Simchi-Levi (۱۹۹۵)، Berger ، Coullard و Daskin (۱۹۹۸)، Erlebacher وMeller (۲۰۰۰) **و**Federgruen **و** Simchi-Levi (۲۰۰۰) نام برد [۱۱؛ ۱۲؛ ۱۳؛ ۱٤؛ ۱٥].

قدسی‌پور و اُبرین در مقاله‌ای دیگر، یک مدل برنامه‌ریز غیرخطی عدد صحیح مختلط را برای حل مسأله انتخاب تأمین کننده در حالت منبع‌یابی چندگانه ارائه کرده‌اند که کل هزینه لجستیک را در نظر می گیرد. [۱٦].

کومار و دیگران از برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای حل مسأله انتخاب فروشنده (تامین کننده) با اهداف چندگانه وپارامترهای فازی، استفاده کرده‌اند. آنها داده‌های دنیای واقعی را برای نشان دادن اثربخشی مدل پیشنهادی به کار برده‌اند [۱۷].

هانگ هونگ[2] و همکاران او (۲۰۰٥)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی که تغییر در قابلیتهای[3]

1. Risk pooling effect
2. Hang Hangetal
3. Capabilities

تأمین‌کنندگان و نیازهای مشتری در طی دوره زمانی را لحاظ می‌کند، ارائه کرده‌اند. مدل ارائه شده برای انتخاب تأمین‌کننده در صنعت کشاورزی کشور کره به کار گرفته شده است [۱۸].

باسنت و لونگ[1] (۲۰۰۵)، مسأله انتخاب تأمین‌کننده را با لحاظ اندازه دسته سفارش[2] برای موجودیها مورد بررسی قرار داده‌اند. در این تحقیق تقاضای کالاها در افق برنامه‌ریزی[3] مشخص است و هر کدام از کالاها را می‌توان از مجموعه‌ای از تامین‌کنندگان مورد تأیید خریداری کرد[۱۹] .

کلیمبرگ و همکارانش (۲۰۰۷)، به توسعه و آزمون یک روش برای مدل سازی مسائل مکان یابی پرداختند که از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها DEA و معیار کارایی، برای یافتن مکان بهینه و مقایسه کارایی مکانهای مختلف استفاده می کند. نویسندگان مقاله بیان می‌کنند که در نظرگرفتن معیار کارایی DEA با سایر اهداف و مدلهای مکان یابی یک روش بسیار کارا و قوی برای مسائل مکان یابی، چند هدفه ایجاد می کند[۲۰] .

انوت و سونر(۲۰۰۷)، یک مدل تصمیم گیری چند معیاره فازی برای انتخاب مکان بهینه تجهیزات حمل و نقل ارائه کردند. ایشان بیان می‌کنند که تکنیکهای چند معیاره گوناگونی برای مسائل مکان یابی ارائه شده که تنها با استفاده از مقادیر عددی قطعی به رتبه بندی گزینه ها می پردازند و کمتر می توانند جنبه های کیفی و ذهنی تصمیم گیرندگان را در این نوع از مسائل لحاظ کنند. آنها یک روش تصمیم گیری چند معیاره فازی با استفاده از تکنیکهای AHP و TOPSIS ارائه کردند که با استفاده از متغیرهای کلامی، ترجیحات ذهنی و معیارهای کیفی، تصمیم گیرندگان را در فرایند حل مسأله در نظر می گیرد[۲۱].

چوو و همکاران او (۲۰۰۷)، یک روش تصمیم گیری چند معیاره فازی جدید (FMADM) برای مسائل انتخاب مکان تسهیلات تولیدی ارائه کردند. این روش با در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی به رتبه بندی گزینه ها در شرایط تصمیم گیری گروهی می پردازد. روش ارائه شده، ضریب اهمیت هر یک از اعضای گروه را نیز در نظر می گیرد[۲۲].

نوزیک و همکارانش (۲۰۰۱)، یک مدل برای بهینه سازی مکان موجودی برای محصولات خاص در سیتمهای موجودی دو سطحی چند محصولی ارائه کردند. مدل ارائه شده،

---

1. Basnet and Leang
2. Lot- Sizing
3. Planning Horizon

تصمیمات فوق را برای تحلیل مکان یابی مراکز توزیع، یکپارچه و هماهنگ می سازد[۲۳].

رودریگوز و همکاران او (۲۰۰۷) یک مدل برای مکان یابی مراکز فعالیت در مسائل حمل ونقل دریایی ارائه کردند. مراکز مورد بررسی در مدل ارائه شده دارای محدودیت ظرفیت بود و به همین دلیل، هزینه افزایش تراکم کاری مراکز فعالیت، در مدل لحاظ شده است. محققین برای حل مدل ارائه شده از روش simulated annealing (SA) استفاده کردند[۲٤].

ریویلی وهمکارانش (۲۰۰۷)، یک مدل مکان یابی برای کاهش تعداد مراکز تسهیلات مورد نیاز ارائه کردندکه هدف آن، حداقل کردن میزان سهم بازار از دست رفته است[۲۵].

تیموری (۱۳۷۸) به تحقیقی تحت عنوان "توسعه مدل انتخاب تامین‌کنندگان و توزیع با نگرش مدیریت زنجیره تامین" پرداخته است. در این تحقیق، مجموعه‌ای از مدلهای ریاضی در راستای بهینه‌سازی مدیریت زنجیره تأمین ارائه شده است. محقق در این تحقیق، دو فعالیت عمده در مدیریت تأمین را مورد بررسی قرار داده و با توجه به شکافهای تحقیقاتی موجود به ارائه مدل ریاضی جهت بهینه‌کردن آنها پرداخته است. این دو فعالیت عمده عبارتند از: انتخاب و ارتقای تامین‌کنندگان به عنوان عضوی در زنجیره تامین، و توزیع اقلام موجود در یک انبار مرکزی از طریق انبارهای فرعی. در این تحقیق، مدلهای ریاضی یکپارچه‌ای جهت انتخاب تامین‌کنندگان ارجح و ارتقای همزمان آنها، در صورت نیاز ارائه شده است. از سوی دیگر، مدل ارائه شده توسط محقق، مسأله توزیع بهینه اقلام را نیز در نظر گرفته است [۲٦].

ربیعه (۱۳۸٤) در تحقیقی تحت عنوان "مدلسازی کنترل موجودی و برنامه ریزی سفارشها در حالت وجود چندین تأمین کننده-مطالعه موردی: شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان" به بحث انتخاب تأمین کننده مواد اولیه با لحاظ مباحثی از مدیریت موجودی و ترکیب بهینه مصرف این مواد برای مطالعه موردی خاص (واحد آگلومراسیون شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان) پرداخته است. در این تحقیق، ابتدا موجودیها (مواد اولیه) با استفاده از روشهای طبقه بندی موجودیها (ABC و VED) طبقه بندی و دو نوع مواد اولیه به عنوان مهمترین مواد شناسایی و آنگاه مدل تأمین این مواد با لحاظ هزینه های کل لجستیک، ویژگیهای تأمین کنندگان و خریدار، و همچنین لحاظ ترکیب بهینه مصرف طراحی شده است. ایشان یک مدل مبنا (مدل قدسی پور و اُبرین (۲۰۰۱) را لحاظ کرده ۵ مدل دیگر ارائه دادند که از بین این مدلها، دو مدل (از نوع برنامه ریزی غیر خطی عدد صحیح مختلط) را مناسب

تشخیص داده و با داده های واقعی دو سال متوالی آزمون کردند و مشخص گردید که مدلها نسبت به هزینه واقعی عملکرد مطلوبی نشان می دهند [۲۷].

افسر، ربیعه و صادقی مقدم (۱۳۸۵)، به تحقیقی تحت عنوان "بسط مدل کنترل موجودی ترکیبی با استراتژی انتخاب تامین‌کننده و رویکرد الگوریتم ژنتیک" پرداخته اند. ایشان در این تحقیق، به بسط مدل قدسی پور و ابرین (۲۰۰۱) با لحاظ محدودیت فضای انبار اجاره ای و استراتژی کاهش تعداد تأمین کنندگان پرداخته، سپس مدل پیشنهادی، به کمک رویکرد الگوریتم ژنتیک و یک روش جستجوی الگو حل و نتایج تحقیق نشان می دهد که الگوریتم ژنتیک نسبت به روش جستجوی الگو از توانایی بالاتری در حل مدل برخوردار است [۲۸].

ربیعه و آرمان (۱۳۸۵) در تحقیقی تحت عنوان "طراحی مدل انتخاب تأمین‌کننده در حالت دریافت آنی دریافت همزمان از تأمین‌کنندگان ورویکرد کاهش تعداد تأمین‌کنندگان"، به بسط مدل قدسی پور وابرین (۲۰۰۱) (مدل مبنا) با فرض اینکه محموله‌های دریافتی از تأمین کنندگان به دلایل شرایطی خاص اجباراً باید در ابتدای دوره سفارش دریافت شده و برای حالات خاصی که مدل قدسی پور و ابراین قابل کاربرد نباشد، به کار می‌آید. همچنین در این تحقیق به ایجاد تغییراتی در مدل مبنا در قالب کاهش محدودیت پرداخته شده است [۲۹].

هوشمندی ماهر (۱۳۸۵)، در تحقیقی تحت عنوان "طراحی مدل ریاضی انتخاب تامین‌کننده با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره، مطالعه موردی: فروشگاه زنجیره‌ای شهروند" پرداخته است. محقق، رویکردی یکپارچه را برای انتخاب تامین‌کننده و سهمیه‌بندی تقاضا بین آنان ارائه داده است. محقق به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، به طراحی مدلی می‌پردازد که همزمان از توانمندیهای دو تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره، یعنی فرایند تحلیل شبکه‌ای(ANP) و برنامه‌ریزی خطی چند هدفه صحیح مختلط سود برده است. خروجی این مدل، انتخاب مناسبترین تامین‌کنندگان جهت برآوردن تقاضای اقلام انتخاب‌شده، به همراه میزان سهمیه آنان، با توجه به اهداف مورد نظر می باشد[۳۰].

۳ – فرموله کردن مسأله

یک سیستم با ۳ جزء را در نظر می‌گیریم که شامل یک یا تعدادی تأمین کننده[۱] ، مراکز توزیع[۲] و خرده فروش[۳] می باشد. همچنین فرض می کنیم که مکان تأمین کنندگان و خرده فروشان مشخص و معین است و تأمین کنندگان در مسأله تحت بررسی دارای ظرفیت نامحدودند. مسأله عبارت است از تعیین تعداد بهینه مراکز توزیع، تعیین مکان آنها، تخصیص خرده فروشان به هر مرکز توزیع و تعیین خط مشی بهینه سفارش در هر مرکز توزیع در این مسأله ، موجودی نگهداری شده توسط خرده فروشان را در مدل وارد نمی‌کنیم. و مشکل اصلی آن است که تقاضای هر مرکز توزیع، تابعی از تقاضای خرده فروشان تخصیص داده شده به آن است. بنابراین، خط‌مشی موجودی، فاصله زمانی بین سفارشها و ذخیره اطمینان در مراکز توزیع، تابعی از خرده فروشان تخصیص داده شده به آنهاست. زمانی که خرده فروشان تخصیص داده شده به مراکز توزیع از قبل مشخص نیست، خط مشی موجودی باید در درون مدل تعیین گردد. برای شروع مدل سازی مسأله فرض می‌کنیم که می‌دانیم کدام خرده فروشان باید به یک مرکز توزیع تخصیص داده شوند و فرض می‌کنیم که تقاضا در هر خرده فروش دارای توزیع نرمال با میانگین روزانه μ_i و واریانس روزانه $\sigma_i{}^2$ می‌باشد. مجموعه S نشان دهنده خرده فروشان تخصیص داده شده به مرکز توزیع و L زمان تاخیر(روز) برای تحویل کالا از تأمین کننده به مرکز توزیع می‌باشد. بنابراین، تقاضا در زمان تاخیر در مراکز توزیع دارای توزیع نرمال با میانگین $L\sum_{i\in S}\mu_i$ و واریانس $L\sum_{i\in S}\sigma_i{}^2$ خواهد بود. ذخیره اطمینان مورد نیاز برای اینکه احتمال وقوع کمبود دارای احتمال (α) و یا کمتر باشد برابر است با:

$$Z_\alpha\sqrt{L\sum_{i\in S}\sigma^2} \qquad (۱)$$

1. Supplier
2. Distribution center
3. Retailer

که Z_{α} از توزیع نرمال با تعریف زیر به دست می آید:

$$\left[P\left(Z \le Z_{\alpha}\right) = \alpha\right]$$

فرض کنید که D تقاضای سالیانه مورد انتظار (مثلاً $D = \chi \sum_{i \in S} \mu_i$ که در آن χ یک ضریب ثابت برای تبدیل تقاضای روزانه به تقاضای سالیانه است، مثلا اگر تقاضا برای تمام روزهای سال وجود داشته باشد $\chi = ۳۶۵$ میباشد.)، h ، هزینه نگهداری هر واحد کالا در سال و F هزینه ثابت سفارش مرکز توزیع از عرضه کننده می‌باشد، پس هزینه سالیانه سفارش و موجودی در مرکز توزیع،توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

$$F.n + \beta.V\left(\frac{D}{n}\right).n + \theta \frac{hD}{۲n} \qquad (۲)$$

در صورتی که :

$n =$ تعداد سفارش در سال است.

$V(X) =$ هزینه انتقال یک سفارش به حجم X از عرضه کننده به مرکز توزیع می باشد.

β و θ به ترتیب، وزنهای تخصیص داده شده به هزینه های حمل و نقل و انبارداری می‌باشد. بر اساس این وزنها می‌توان تاثیر تغییر در اهمیت هزینه‌های حمل و نقل و انبارداری را با هزینه های ثابت تأسیس مرکز توزیع بررسی کرد. حال به شرح هر یک از قسمتهای فرمول شماره ۲ می پردازیم:

قسمت اول ($F.n$) نشان دهنده هزینه ثابت انجام n سفارش در سال است. قسمت دوم $\left[\beta.V\left(\frac{D}{n}\right).n\right]$ نشان دهنده هزینه حمل هر محموله $\left[V\left(\frac{D}{n}\right)\right]$ ضرب در تعداد حمل و نقلها در سال و وزن تخصیص داده شده به هزینه حمل و نقل است. $\left(\frac{D}{n}\right)$ نشان دهنده حجم و اندازه دسته‌های کالا ($\mathbf{x}$) در هر بار انتقال است. قسمت سوم، متوسط هزینه موجودی کالا را نشان می‌دهد. به طور متوسط ($\frac{D}{۲n}$)قلم کالا با هزینه نگهداری (h) در سال وجود دارد. با مشتق گیری از فرمول ۲ بر حسب ($\mathbf{n}$)، تعداد سفارشها در سال به دست می آید:

$$\left[F+\beta.V-\left(\frac{D}{n}\right)\ \beta.n.V'\left(\frac{D}{n}\right)\frac{D}{n^{2}}-\theta\frac{hD}{2n^{2}}=F+\beta.V\left(\frac{D}{n}\right)-\beta.V'\left(\frac{D}{n}\right).\frac{D}{n}-\theta\frac{hD}{2n^{2}}=0\right] \quad (3)$$

اگر تابع $V(X)$ نسبت به **x** خطی باشد(مثلاً داشته باشیم $V(X)=aX+g$)، $V'(X)$ یک مقدار ثابت است ($V'(X)=a$)، پس عبارت شماره ۳ به صورت زیر نوشته می شود:

$$F+\beta.g-\beta.a.\left(\frac{D}{n}\right)+\beta.a.\left(\frac{D}{n}\right)-\theta\frac{hD}{2n^{2}}=F+\beta.g-\theta\frac{hD}{2n^{2}}=0 \quad (4)$$

که با حل آن نسبت به n مقدار زیر حاصل می گردد:

$$n=\sqrt{\frac{\theta hD}{2(F+\beta g)}}$$

با جایگزینی مقدار n در تابع هزینه ۲، هزینه موجودی به صورت زیر به دست می آید:

$$F\sqrt{\frac{\theta hD}{2(F+\beta g)}}+\beta g\sqrt{\frac{\theta hD}{2(F+\beta g)}}+\beta aD+\theta\frac{hD}{2}\sqrt{\frac{2(F+\beta g)}{\theta hD}}=$$

$$\sqrt{\frac{\theta hD(F+\beta g)}{2}}+\beta aD+\sqrt{\frac{\theta hD(F+\beta g)}{2}}=\beta aD+\sqrt{2\theta hD(F+\beta g)+} \quad (5)$$

این فرمول شامل هزینه های زیر است:

۱) هزینه های ثابت انجام سفارش در مرکز توزیع؛

۲) هزینه های انتقال کالا از تأمین کننده به مرکز توزیع؛

۳) هزینه نگهداری موجودی کالا در مرکز توزیع.

متأسفانه در هنگام تعیین ذخیره اطمینان ۱ و هزینه موجودی ۵ فرض کردیم که خرده فروشان تخصیص داده شده به هر مرکز توزیع توسط مجموعه S معین است ، ولی ماهیت این مجموعه از قبل مشخص نبوده باید درون مدل تعیین گردد. برای تعیین همزمان مکان مراکز توزیع، تخصیص خرده فروشان به مراکز توزیع، هزینه‌های موجودی و ذخیره

اطمینان، متغیرها و مجموعه‌های زیر را تعریف می کنیم:

I = مجموعه خرده فروشان که با اندیس i نشان داده می‌شود .

J = مجموعه مکانهای مشخص شده برای تأسیس مراکز توزیع که با اندیس j نشان داده می‌شود.

f_j = هزینه ثابت سالیانه تأسیس یک مرکز توزیع در مکان j ام به ازای $j \in J$

d_{ij} = هزینه حمل هر واحدکالا بین خرده فروش iاُم و مرکز توزیع مشخص شده در مکان j اُم به ازای $i \in I$ و $j \in J$

χ = تعداد روزهای کاری در هر سال، χ برای تبدیل میانگین و واریانس تقاضای روزانه به مقادیر سالیانه به کار می‌رود.

$X_j = \begin{cases} ۱ \\ ۰ \end{cases}$ ۱، اگر مکان j اُم برای ایجاد مرکز توزیع انتخاب شود ۱، اگر مکان j اُم برای ایجاد مرکز توزیع انتخاب نشود(۰).

$Y_{ij} = \begin{cases} ۱ \\ ۰ \end{cases}$ ۱، اگر تقاضای خرده فروش iام به مرکز توزیع j ام تخصیص داده شود (۱)، اگر تقاضای خرده فروش iام به مرکز توزیع j ام تخصیص داده نشود (۰).

با توجه به مجموعه‌ها و متغیرهای تشریح شده در بالا مسأله مورد نظر به صورت زیر فرموله می‌گردد:

(٦) Minimize

$$\sum_{j\in J} f_j X_j + \left[\beta \sum_{j\in J}\sum_{i\in I} \chi d_{ij}\mu_i Y_{ij}\right] + \left[\sum_{j\in J}\sqrt{۲\theta h\left(F_j + \beta g_j\right)\sum_{i\in I}\chi d_{ij}\mu_i Y_{ij}} + \beta\sum_{j\in J} a_j \sum \chi\mu_i Y_{ij}\right] + \theta h z_\alpha \sum_{j\in J}\sqrt{\sum_{i\in I} L\sigma_i^{۲} Y_{ij}}$$

(۷) Subject to :

$$\sum_{j\in J} Y_{ij} = ۱ \qquad \forall\, i \in I \qquad (۷)$$

$$Y_{ij} \le X_j \qquad \forall\, i \in I, \forall\, j \in J \qquad (۸)$$

$$X_j \in [۰,۱] \qquad \forall\, j \in J \qquad (۹)$$

$$Y_{ij} \in [۰,۱] \qquad \forall\, i \in I, \forall\, j \in J \qquad (۱۰)$$

در تابع هدف شماره ٦، اولین قسمت هزینه های ثابت تأسیس و راه اندازی مراکز توزیع و دومین قسمت هزینه تحویل کالا در محل است. توجه کنید که $\sum_{i\in I}\chi\mu_i Y_{ij}$ نشان دهنده کل تقاضای سالیانه تخصیص داده شده به مرکز توزیع j اُم ست . بنابراین، قسمت سوم نشان دهنده کل هزینه موجودی ٥ است. اضافه کردن اندیس j برای هزینه ثابت و متغیر حمل و نقل (a,g) و هزینه های ثابت سفارش در مراکز توزیع (F)، منجر به ایجاد متغیرهای a_j, g_j, F_j گردیده است.

قسمت چهارم تابع هدف ٦ هزینه موجودی ذخیره اطمینان است. محدودیت شماره ۷ باعث می‌شود که هر خرده فروش تنها به یک مرکز توزیع تخصیص داده شود و محدودیت شماره ۸ تضمین می‌کند که خره فروشها تنها به مراکز توزیع فعال اختصاص یابند.

در نهایت محدودیتهای ۹ و ۱۰ نشان دهنده عدد صحیح و صفر و یک بودن متغیرهای X_j و Y_{ij} است. محدودیت ۱۰ نشان از محدودیت تک منبعی نیز دارد؛ به این معنا که تمام تقاضای یک خرده فروش باید از یک مرکز توزیع تأمین گردد. تابع هدف شماره ٦ را می توان به صورت زیر مرتب کرد:

$$\min = \sum_{j\in J} f_j X_j + \left[\beta \sum_{j\in J}\sum_{i\in I} \chi\mu_i \left(d_{ij} + a_j\right) Y_{ij}\right] + \left[\sum_{j\in J}\sqrt{۲\theta h\left(F_j + \beta g_j\right)\sum_{i\in I}\chi\mu_i Y_{ij}}\right] + \theta h z_\alpha \sum_{j\in J}\sqrt{\sum_{i\in I} L\,\sigma_i^{۲} Y_{ij}} =$$

در نهایت خواهیم داشت:

$$min\sum_{j\in J}\left[F_jX_j+\sum_{i\in I}\hat{d}_{ij}Y_{ij}+K_j\sqrt{\sum_{i\in I}\mu_iY_{ij}}+\theta\sqrt{\sum_{i\in I}\hat{\sigma}_i^{۲}Y_{ij}}\right] \quad (۱۱)$$

در صورتی که:

$$\hat{d}_{ij}=\beta\chi\mu_i(d_{ij}+a_j)$$

$$K_j=\sqrt{۲\theta h\chi(F_i+\beta g_i)}$$

$$\theta=\theta hz_\alpha$$

$$\hat{\sigma}_i^{۲}=L\sigma_i^{۲}$$

در مدل شماره ۱۱ موارد خطی بیان شده، چون هزینه متغیر حمل کالا از تأمین کننده به مراکز توزیع (a_j)و هزینه حمل کالا از مرکز توزیع به خرده فروشها(d_{ij}) را گروه‌بندی کرده‌ایم. بنابراین $\hat{d}_{ij}$ شامل هزینه حمل کالا از مراکز توزیع به خرده فروشها و هزینه حمل یک واحد کالا از تأمین کننده به مرکز توزیع است.

K_j شامل هزینه موجودی است که متأثر از هزینه ثابت سفارش در مراکز توزیع و هزینه ثابت حمل و نقل از تأمین کننده به مرکز توزیع است و θ هزینه ذخیره اطمینان در مرکز توزیع را شامل می‌شود. محدودیتهای ۷ و ۱۰ بر آن مسائل سنتی مکان یابی و جایابی وسایل و تجهیزات بدونه هزینه‌های ثابت تأسیس و راه اندازی دلالت می کنند. بر خلاف مدلهای مکان‌یابی فاقد هزینه ثابت که در آنها همواره تقاضا به مراکزی که می‌توانست تقاضا را با حداقل هزینه حمل و نقل کالا برآورد سازد، تخصیص داده می‌شد در این مدل، ممکن است اختصاص خرده فروش به یک مرکز توزیع دورتر بهینه باشد، با انجام چنین کاری ممکن است کاهش در هزینه موجودی کالا، ذخیره اطمینان و هزینه حمل از تأمین کننده به مرکز توزیع، افزایش در هزینه‌های حمل و نقل را جبران کند.

۴- نحوه حل مدل

مسائل بهینه سازی را می‌توان با استفاده از بسته های نرم افزاری برنامه ریزی ریاضی مانند Mathpro ,Cplex, Ampl,Matlab, Mpsx،Lindo حل کرد. علاوه بر نرم افزارهای

فوق، از برنامه‌های صفحه گسترده[1] چون اکسل، Quattro-pro **و ۳-۲-۱** lotus نیز می‌توان در حل مسائل برنامه‌ریزی ریاضی استفاده کرد. با توجه به ماهیت نرم افزارهای صفحه گسترده و با استفاده از توابع و فرمولهای موجود در آنها، تعریف و مدل سازی مسائل واقعی با محدودیتها و متغیرهای تصمیم زیاد، سریعتر و راحت‌تر است.

در این مقاله برای حل مدل ارائه شده از برنامه Solver در نرم افزار اکسل استفاده شده است. شرکت فرانت لاین سیستم برنامه Solver را برای استفاده در Excel, Quattro-pro و ۳-۲-۱ lotus ارائه کرده است. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه و دریافت آخرین نسخه از این برنامه می‌توان به سایت www.frontline.com مراجعه کرد**[۳۱ ؛ ۳۲]**.

۵- مثال عددی

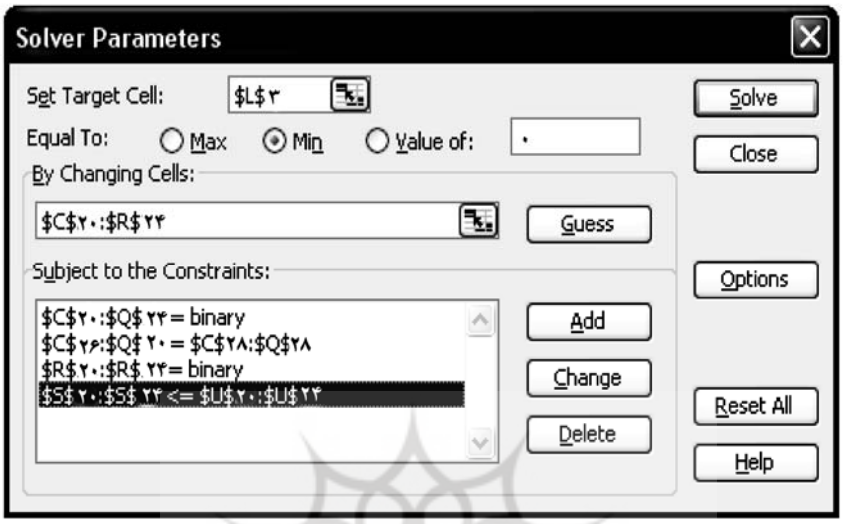
برای نشان دادن نحوه تعیین مکان مراکز توزیع توسط مدل ریاضی ارائه شده یک مسأله با ۱۵ خرده‌فروش و ۵ محل جهت ایجاد مراکز توزیع را نظرمی‌گیریم. سایر اطلاعات مورد نیاز جهت مدل‌سازی مسأله در شکل ۱ آورده شده است. در این شکل، نحوه مدل‌سازی مسأله توسط نرم افزاراکسل و در شکل۲ نحوه تعریف تابع هدف، متغیرهای تصمیم و محدودیتهای مسأله در برنامه Solver نشان داده شده و جواب بهینه مسأله در جدول ۱ آورده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1]. Spread sheet

احمد جعفر نژاد و همکاران ـــ

شکل ۱ اطلاعات مورد نیاز جهت مدل‌سازی



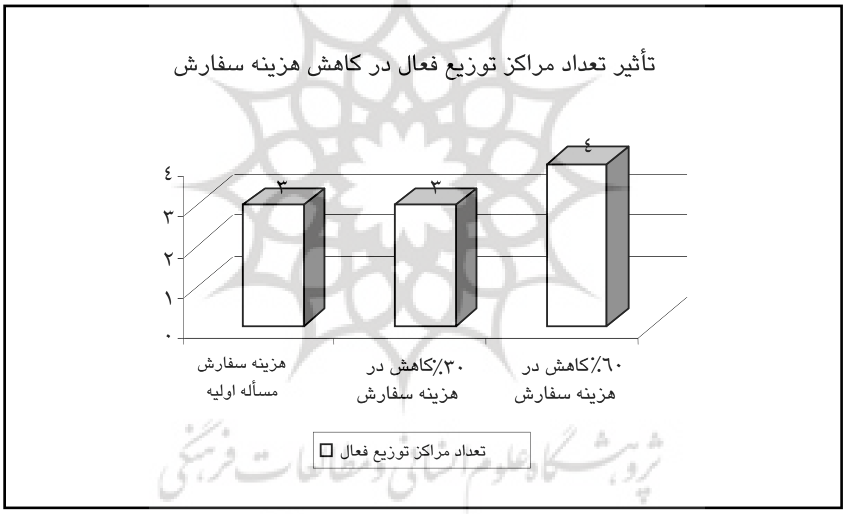
شکل ۲ نحوه تعریف بخشهای مختلف مدل در Solver

جدول ۱ جواب بهینه مثال عددی ارئه شده

مرکز توزیع (i)	Y_{ij}	خرده فروش (j) ۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	X_i	تعداد خرده فروشان تخصیصی به هر مرکز
	۱			۱	۱	۱		۱		۱	۱	۱	۱				۱	۸
	۲																۰	۰
	۳	۱	۱				۱							۱			۱	۴
	۴								۱						۱	۱	۱	۳
	۵																۰	۰
هزینه کل = ۷۷۰۳۹۴۳																		

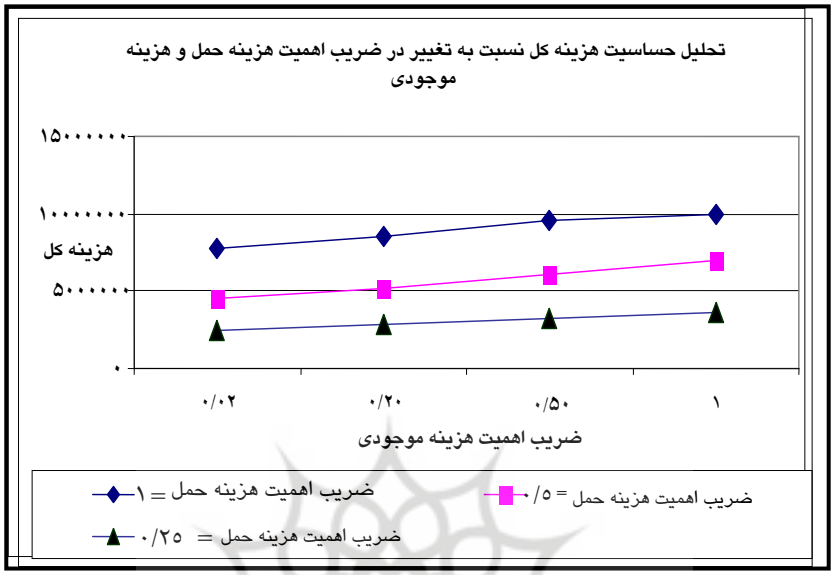
بعد از حل مسأله و به دست آوردن جواب بهینه، ۳ مرکز توزیع از بین ۵ محل کاندید

شده انتخاب گردیده و ۸ خرده فروش به مرکز توزیع شماره یک، ٤ خرده فروش به مرکز توزیع شماره ۳ و ۳ خرده فروش به مرکز توزیع شماره ٤ تخصیص داده شده و کل هزینه موجودی ، حمل و نقل و ذخیره اطمینان برابر با ۷۷۰٤۹٤۳ گردیده است. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، مدل ارائه شده، شامل هزینه‌های سفارش هم می‌شود و در نتیجه قادر خواهیم بود تأثیر کاهش سریع در هزینه‌های سفارش در نتیجه کاربرد تجارت الکترونیک، را بر روی تعداد مراکز توزیع، مکان آنها و سطح بهینه موجودی در هر یک از آنها مشخص سازیم. همان گونه که در شکل ۳ نشان داده شده با کاهش هزینه‌های سفارش تعداد مراکز توزیع انتخاب شده در مدل افزایش می‌یابد.



شکل ۳ تغییر در تعداد مراکز توزیع درصورت کاهش در هزینه های سفارش

در شکل شماره ٤ حساسیت هزینه کل نسبت به تغییر در ضریب اهمیت هزینه حمل و هزینه موجودی ارائه گردیده است. همانگونه که مشخص است با افزایش ضریب اهمیت هزینه حمل و هزینه موجودی هزینه کل نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۴ تحلیل حساسیت هزینه کل نسبت به تغییر در ضریب اهمیت هزینه حمل و هزینه موجودی

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک مدل مکان یابی مراکز توزیع ارائه شده که هزینه موجودی و حمل کالا از مرکز توزیع به خرده فروش و هزینه ذخیره اطمینان در مرکز توزیع را در نظر گرفته، علاوه بر آن، مقیاس اقتصادی استفاده از مرکز توزیع نیز در هزینه حمل کالا از عرضه کننده به مرکز توزیع لحاظ شده است. زمانی که هزینه‌های ثابت سفارش در اثر به کارگیری تجارت الکترونیک به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کند، هزینه کل‌نیز با افزایش در تعداد مراکز توزیع فعال،کاهش می‌یابد.

در اکثرمطالعات صورت گرفته و مدلهای ارائه شده، فرض گردیده که خرده فروشان تخصیص داده شده به هر مرکز توزیع معین هستند. ولی ماهیت این مجموعه از قبل مشخص نبوده، باید در درون مدل تعیین گردد. در مدل ارائه شده، مکان مراکز توزیع و تخصیص خرده فروشان به مراکز توزیع به صورت همزمان در درون مدل تعیین شده و هزینه‌های

موجودی و ذخیره اطمینان در مراکز توزیع نیز در نظر گرفته شده است. این مورد یکی از جنبه‌های خلاقیت و نوآوری مدل ارائه محسوب می‌گردد.

البته مدل ارائه شده از برخی جنبه‌ها نیاز به تکمیل دارد تا اولاً توزیع چندین نوع کالا توسط یک مرکز توزیع را نیز در بر بگیرد و ثانیاً ظرفیت انبار در هر مرکز توزیع و ظرفیت تولید مرکز عرضه نیز در نظر گرفته شود.

۷- منابع

[1] Owen, S. H., and M. S. Daskin Strategic Facility Location: A Review. *European Journal ofOperational Research*, 111, 423-447, 1998.

[2] Daskin, M. S., and S. H. Owen Location Models in Transportation. In Handbook of Transportation,1999.

[3] Daskin, M. S. Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications, John Wiley and Sons, NY, 1995.

[4] Drezner, Z., editor Facility Location: A survey of Applications and Methods, Springer, NY.Science, R. Hall ed., Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 311-360, 1995.

[5] Eppen, G. Effects of Centralization on Expected Costs in a Multi-Location Newsboy Problem.Management Science 25, No. 5, 498-501, 1979.

[6] Chan, L. M. A., A. Federgruen and D. Simchi-Levi Probabilistic Analysis and Practical Algorithms for Inventory Routing Models . Operations Research, 46, 96-106, 1998.

[7] Federgruen, A. and P. Zipkin, A combined Vehicle Routing and Inventory Allocation Problem, Management Science, 32, 1019-1036, 1984.

[8] Kleywegt, A.J., Nori, V.S., and Savelsbergh, M.W.P. The Stochastic Inventory Routing Problem,working paper, Georgia Institute of Technology, 2000.

[9] Viswanathan, S. and Mathur, K. Integrating Routing and Inventory Decisions in One-Warehouse Multiretailer Multiproduct Distribution System,

Management Science, 43, 294-312, 1997.

[10] Simchi-Levi, D., P. Kaminsky, and E. Simchi-Levi, Designing and Managing the Supply Chain:Concepts, Strategies and Case Studies, Irwin McGraw Hill, Boston, MA, 2000.

[11] Laporte, G., P. J. Dejax Dynamic Location-Routing Problems. *Journal of Operations Research Society*, 40, No.5, 471-482, 1989.

[12] Berman, O., P. Jaillet and D. Simchi-Levi Location-Routing Problems with Uncertainty. Facilities Location, Z. Drezner ed., Springer Verlag, 427-452, 1995.

[13] Berger, R. T., C. R. Coullard, M. S. Daskin Modeling and Solving Location-Routing Problems with Route-Length Constraints. Working Paper, Northwestern University, 1998.

[14] Erlebacher, S. J. and R. D. Meller The interaction of location and inventory in designing distribution systems. IIE Transactions, 32, 155-166, 2000.

[15] Federgruen, A. and D. Simchi-Levi, Analytical Analysis of Vehicle Routing and Inventory Routing problems. Handbooks in Operations Research and Management Science, the volume on Network Routing. M. Ball, T. Magnanti, C. Monma and G. Nemhauser, eds., North-Holland, Amsterdam, 297- 373, 1995.

[16] Ghodsypour , S. H. and O'Brien, C. The Total cost oF logistics in supplier selection, under conditions oF multiple souring, multiple criteria and capacity constraint, *International Journal oF Production Economics*, Vol. 73, P.P. 15-27, 2001.

[17] Kumar, M.,Vrat, P., and shankar ,r. A Fuzzy goal programming approach For vendor selection problem in a supply chain, Computers & industrial Engineering, Vol. 46, P.P. 69.58, 2004.

[18] Hang Hong, G., Chanpark, S., Sikjang, D., Min Rho, H., "An eFFective supplier selection method For constructing a competitive supply-relationship", Expert system with applications, Article in press, pp. 1-11, 2005.

[19] Basnet, ch. and leang , J. M. Y. Inventory lot- sizing with supplier selection, computers & operations research, Vol. 32, P.P. 1-14, 2005.

[20] R.K.Klimberg,S.J.Ratick."Modeling data envelopment analysis(DEA) efficient location/allocation decision",Computer&Operation Research 35,457-474, 2007.

[21] S.Onut, S.Soner."Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS: approaches under fuzzy environment".Waste Management xxx xxx–xxx, 2007.

[22] S.Y.Chou,Y.H.Chang,C.Y.Shen."A fuzzy simple additive weighting system under group decision-making for facility location selection with objective/subjective attributes". *European Journal of Operational Research xxx xxx–xxx*, 2007.

[23] L.K.Nozick, M.A.Turnquist."A two-echelon inventory allocation and distribution center location analysis".Transportation Research Part E 37425-441, 2001.

[24] V.Rodriguez, M.J. Alvarez , L. Barcos ."Hub location under capacity constraints". Transportation Research Part E 43 ,495–505, 2007.

[25] C.ReVelle, A.T. Murrayb,D.Serrac."Location models for ceding market share and shrinking services".Omega 35 , 533 – 540, 2007.

[۲۶] تیموری، ابراهیم "توسعه مدل انتخاب تأمین‌کنندگان و توزیع با نگرش مدیریت زنجیره تامین"، پایان‌نامه دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۸.

[۲۷] ربیعه، مسعود " مدلسازی کنترل موجودی و برنامه‌ریزی سفارشات در حالت وجود چندین تأمین‌کننده(مطالعه موردی: شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان)"، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه شیراز، ۱۳۸۴.

[۲۸] افسر.امیر، ربیعه.مسعود، صادقی مقدم.محمد رضا"بسط مدل کنترل موجودی ترکیبی با استراتژی انتخاب تامین‌کننده و رویکرد الگوریتم ژنتیک". دومین کنفرانس ملی لجستیک و زنجیره تامین، ۱۳۸۵.

[۲۹] ربیعه.مسعود، آرمان،محمد حسین "طراحی مدل انتخاب تأمین‌کننده در حالت دریافت آنی, دریافت همزمان از تأمین‌کنندگان ورویکرد کاهش تعداد تأمین‌کنندگان". دومین کنفرانس ملی لجستیک و زنجیره تامین، ۱۳۸۵.

[۳۰] هوشمندی ماهر، مجید. "طراحی مدل ریاضی انتخاب تامین‌کننده با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره، مطالعه موردی: فروشگاه زنجیره‌ای شهروند" پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبایی،۱۳۸۵.

[31] Cliff T. Ragsdale Spreadsheet modeling and Decision analysis, South Western College Publishing, 1997.

[32] Balinski, M. Integer programming: Methods, uses, computation. Management Science, 13, 253-313,1965.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی