استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی در طراحی مدل جایابی تسهیلات سه سطحی با معیارهای چند گانه

عیسی نخعی کمال‌آباد[1]، علی‌حسین میرزایی[2]

چکیده

یکی از تصمیمات استراتژیک در زنجیره تأمین طراحی شبکه توزیع در زنجیره می‌باشد، که تأثیر فراوانی بر هزینه‌ها و همچنین سطح رضایتمندی مشتریان دارد. طراحی شبکه توزیع شامل تعیین تعداد و موقعیّت تسهیلات و همچنین چگونگی تخصیص مشتریان در شبکه و تعیین میزان حمل کالاهای مختلف از مبادی گوناگون به مقاصد متفاوت در شبکه توزیع به گونه‌ای است که تقاضای تمامی مشتریان با کمترین هزینه و با توجّه به محدودیّت‌های موجود، برآورده گردد. این مقاله به بررسی مسأله طراحی شبکه توزیع تک‌کارخانه‌ای چند محصولی با ظرفیت محدود، می‌پردازد. برخلاف اغلب مطالعات پیشین، در مدل پیشنهادی این مقاله، چندین گزینه مختلف برای ارسال کالاها از مبادی مختلف به مقاصد مختلف مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین، علاوه بر مجموع هزینه‌های سیستم به عنوان تابع هدف، مجموع زمان ارسال کالاها نیز به عنوان تابع هدف دوم در نظر گرفته شده است. ما در این مقاله، برای حلّ مسأله از رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی استفاده می کنیم. برای تأیید اعتبار مدل تعدادی مسأله نمونه تولید و سپس با استفاده از نرم‌افزار Lingo حلّ شده است.

واژگان کلیدی: زنجیره تأمین، طراحی شبکه توزیع، برنامه‌ریزی فازی آرمانی، تابع هدف چندگانه.

۱. مقدمه

فشار رقابتی در بازارهای جهانی کنونی، معرفی محصولاتی با دوره عمر کوتاه و انتظارات روزافزون مشتریان، سازمان‌ها را مجبور به سرمایه‌گذاری و تمرکز بر سیستم‌های لجستیک‌شان کرده است [۱]. به عبارت دیگر، تأثیر رقابت جهانی، تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان را مجبور به همکاری کارا با یکدیگر در تمام زنجیره تأمین کرده است و نیز بر اهمّیّت برنامه‌ریزی فعالیّت‌های تمام شرکا افزوده است [۲]. مسأله برنامه‌ریزی را با توجه به افق زمانی می‌توان به سه نوع استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی تقسیم نمود [۳]. طراحی شبکه توزیع در زنجیره تأمین در رده تصمیمات استراتژیک قرار می‌گیرد [٤] که شامل تعیین تعداد و

۱- بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج

۲- بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

موقعیّت تسهیلات، چگونگی تخصیص مشتریان و شناسایی میزان حمل و نقل بین تسهیلات مختلف در یک افق زمانی مشخص در شبکه است و به گونه‌ای است که ضمن برآورده شدن تمام تقاضای مشتریان با توجّه به محدودیّت‌های مدل، کلّ هزینه‌های سیستم نیز کم می‌گردد.

مسایل جایابی تسهیلات در سیستم‌های توزیع در طی سال‌های گذشته توجّه زیادی را به خود جلب کرده است [۵] که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: Hax و Candea [۳] مرور جامعی از مدل‌های مختلف جایابی تسهیلات و رویه‌های مختلف حلّ ارایه کرده‌اند. Jayaraman [٦] در طراحی شبکه توزیع، رابطه بین مدیریت موجودی، جایابی تسهیلات و تعیین سیاست حمل و نقل را به صورت همزمان بررسی کرده و مدلی یکپارچه برای طراحی یک شبکه توزیع ارایه کرده است که بیانگر همبستگی بین این سه مؤلفه می‌باشد. او یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی ترکیبی عدد صحیح ارایه کرده است که تابع هدف در آن کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های توزیع در ارتباط با هر سه مؤلفه تصمیم‌گیری (جایابی تسهیلات، پارامترهای موجودی و گزینه‌های مختلف حمل و نقل) است. در این مدل گزینه‌های مختلف حمل و نقل نیز در نظر گرفته شده است و باید تقاضای مشتریان برای تمامی محصولات توسط مراکز توزیع موجود برآورده گردد. در این مدل، مسأله تعیین همزمان گزینه‌های حمل و نقل و پارامترهای موجودی همراه با تعداد و موقعیّت کارخانجات و مراکز توزیع به گونه‌ای است که مجموع هزینه‌های موجودی، حمل و نقل و جایابی کمینه گردد. Pirkul و Jayaraman [۷] به بررسی مسأله جایابی تسهیلات چند کارخانه‌ای چند محصولی با ظرفیت محدود و با هدف کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های ثابت برپایی تسهیلات و هزینه‌های متغیر ارسال و پردازش کالاها پرداخته‌اند. آنان در کار خود برای حلّ این مسأله روشی هیورستیک مبتنی بر لاگرانژ ارایه کرده‌اند. Canel و Das [۸] مسأله جایابی تسهیلات تک‌محصولی با ظرفیت نامحدود چند دوره‌ای را مورد بررسی قرار داده‌اند. هدف مورد بررسی در مدل پیشنهادی آنان بیشینه‌سازی سود است و فرض کرده‌اند که قیمت فروش کالا در بازارهای مختلف متفاوت است. سپس آنان یک الگوریتم شاخه و کران را برای حلّ این مسأله توسعه داده‌اند. Erenguc و همکاران [٤] به مرور تحقیقات موجود در حوزه برنامه‌ریزی یکپارچه تولید و توزیع در زنجیره تأمین پرداخته‌اند و در بخشی از کار خود مطالعات موجود در حوزه مدل‌های جایابی تسهیلات و جایابی تخصیص را مورد بررسی قرار داده‌اند. Jayaraman و Ross [۹] به بررسی دسته‌ای از مسایل طراحی شبکه توزیع پرداخته‌اند که دارای چند نوع محصول، یک کارخانه تولیدی مرکزی، چند مرکز توزیع و مکان‌های cross-docking و چند بازار تقاضاست. آنان برای حلّ این مسأله از الگوریتم Simulated Annealing بهره گرفته‌اند.

Miranda و Garrido [۱۰] رویکردی برای یکپارچه سازی تصمیمات کنترل موجودی در مدل‌های عمومی جایابی تسهیلات پیشنهاد داده‌اند. آنان در کار خود تقاضا به صورت احتمالی فرض کرده و برای مسأله یک مدل غیر خطی ترکیبی عدد صحیح و برای حلّ مدل یک الگوریتم هیورستیک مبتنی بر لاگرانژین ارایه داده‌اند. Amiri [۱۱] به بررسی مسأله طراحی شبکه توزیع در زنجیره تأمین پرداخته است. بدین منظور او یک مدل جایابی تسهیلات تک‌محصولی چند کارخانه‌ای توسعه داده است که در آن تسهیلات (کارخانجات و انبارها) از سطوح چندگانه ظرفیتی برخوردارند و

ظرفیت بهینه تسهیلات توسط مدل انتخاب می‌گردد. در این مدل، تابع هدف شامل کمینه‌سازی هزینه‌های ثابت برپایی تسهیلات و هزینه‌های متغیر ارسال و پردازش محصولات می‌گردد. او در کار خود برای حلّ مسأله یک الگوریتم هیورستیک ارایه کرده است.

رویکردهای متداول برای حلّ این مسایل به این گونه است که مسایل را در حالتی کاملاً جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهند. به عبارت دیگر، در عمل، تصمیمات استراتژیک توسط مدیریت ارشد اخذ می‌گردد، در حالیکه تصمیمات تاکتیکی و عملیّاتی توسط مدیران سطوح پایین‌تر گرفته می‌شود. این وضعیت موجب ناسازگاری و عدم جامعیت در بین سطوح می‌گردد. برای نمونه، بررسی مسایل جایابی تسهیلات به عنوان یک مساله استراتژیک، ساده‌سازی عمده‌ای را از نظر ابعاد تاکتیکی و عملیاتی که مستقیماً به مکان بهینه مرتبط است، به مسأله تحمیل می کند. مثال‌های از این ابعاد تاکتیکی و عملیاتی، تعیین سیاست کنترل موجودی، انتخاب نوع و ظرفیت حمل و نقل، طراحی و مدیریت انبار، مسیریابی وسایل نقلیه و سایر موارد است [۱۰]. بنابراین، در مدل پیشنهادی در این مقاله، علاوه بر جایابی تسهیلات در شبکه توزیع، انتخاب نوع حمل و نقل نیز به طور همزمان مورد بررسی قرار می گیرد. از طرف دیگر، تابع هدفی که مکرراً در مسایل جایابی تسهیلات در شبکه توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهینه‌سازی مجموع هزینه‌های سیستم است که شامل هزینه‌های ثابت برپایی تسهیلات و هزینه‌های متغیر حمل محصولات بین تسهیلات و نگهداری محصولات در انبارها است [۹]. با این وجود یکی از عوامل مهم در طراحی شبکه توزیع مجموع زمان ارسال محصولات در شبکه توزیع می باشد. بنابراین، در این مقاله، کمینه‌سازی مجموع زمان ارسال محصولات نیز به عنوان تابع هدف دوم در نظر گرفته شده است. برای حلّ مدل پیشنهادی، ما از رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی، که یکی از روش‌های حلّ مسایل بهینه‌سازی با اهداف چندگانه است، استفاده خواهیم کرد.

ساختار مقاله به این صورت خواهد بود که، پس از مقدمه‌ی ارایه شده در این بخش، در بخش دوم تعریف مسأله ارایه می‌شود. برنامه‌ریزی فازی آرمانی در بخش سوم معرفی خواهد شد. در بخش چهارم، کاربرد رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی در مدل جایابی تسهیلات چند محصولی با ظرفیت محدود خواهد آمد و در بخش پنجم، نتایج عددی و حلّ مسایل نمونه، ارایه می‌گردد. نتیجه‌گیری در بخش ششم ارایه می‌شود و در پایان فهرست مراجع به کار رفته در مقاله را ذکر می‌کنیم.

۲. تعریف مسأله

در این مقاله از علایم و تعاریف زیر برای توصیف مدل جایابی تسهیلات تک‌کارخانه‌ای چند محصولی با ظرفیت محدود استفاده می‌کنیم:

۲،۱. پارامترها

p: نشانگر محصول

k: نشانگر مراکز توزیع

l: نشانگر مشتریان

r: نشانگر نوع حمل و نقل

S_{pk}: ظرفیت مرکز توزیع k ام برای محصول p ام

d_{pl}: تقاضای مشتری l ام برای محصول p ام

C_{pklr}: هزینه ارسال یک واحد محصول p از مرکز توزیع k ام به مشتری l ام با استفاده از روش حمل و نقل r ام

f_k: هزینه ثابت ایجاد مرکز توزیع k ام

t_{pklr}: زمان ارسال محصول نوع p ام از مرکز توزیع k ام

به مشتری l ام با استفاده از روش حمل و نقل r ام (مستقل از تعداد محصولات)

$\overline{V}_{pr}$: حدّ بالای ارسال محصول نوع p ام به روش حمل و نقل r ام در هر مسیر

$\underline{V}_{pr}$: حدّ پایین ارسال محصول نوع p ام به روش حمل و نقل r ام در هر مسیر

$\overline{VT}_{pr}$: حد بالای مجموع ارسال محصول نوع p ام به روش حمل و نقل r ام در کل شبکه توزیع

۲،۲. متغیرهای تصمیم‌گیری

Y_{pklr}: مقدار محصول نوع p ام ارسالی از مرکز توزیع kام به مشتری l ام با استفاده از روش حمل و نقل r ام.

z_k: ۱ اگر مرکز توزیع k ام ایجاد گردد و صفر در غیر اینصورت.

w_{pklr}: ۱ اگر محصول نوع p از مرکز توزیع k ام به مشتری l ام و با استفاده از روش حمل و نقل r ام ارسال گردد و صفر در غیر اینصورت.

۳،۲. مدل ریاضی

مدل ریاضی جایابی تسهیلات تک‌کارخانه‌ای چند محصولی با ظرفیّت محدود با معیارهای چندگانه به صورت زیر است. در این مدل برای هر مسیر چند گزینه مختلف برای حمل و نقل در نظر گرفته شده است:

$$MinZ = \sum_p \sum_k \sum_l \sum_r c_{pklr} Y_{pklr} + \sum_k f_k z_k \qquad (۱)$$

$$MinT = \sum_p \sum_k \sum_l \sum_r t_{pklr} w_{pklr} \qquad (۲)$$

Subject to:

$$\sum_l \sum_r Y_{pklr} \le S_{pk} z_k \qquad \forall p,k \qquad (۳)$$

$$\sum_k \sum_r Y_{pklr} = d_{pl} \qquad \forall p,l \qquad (٤)$$

$$w_{pklr} \underline{V}_{pr} \le Y_{pklr} \le w_{pklr} \overline{V}_{pr} \qquad \forall p,k,l,r \qquad (۵)$$

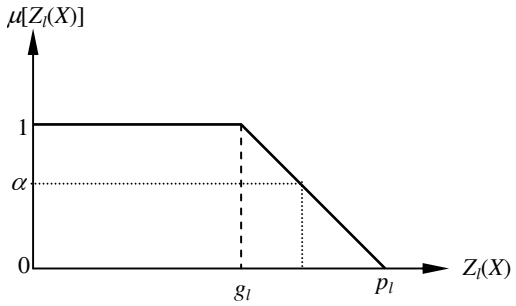
$$\sum_k \sum_l Y_{pklr} \le \overline{VT}_{pr} \qquad \forall p,r \qquad (٦)$$

$$z_k \in \{0,1\} \qquad \forall k \qquad (۷)$$

$$w_{pklr} \in \{0,1\} \qquad \forall p,k,l,r \qquad (۸)$$

$$Y_{pklr} \ge 0 \qquad \forall p,k,l,r \qquad (۹)$$

معادلات (۱) و (۲) بیانگر توابع هدف می باشند. در معادله (۱) مجموع هزینه‌های سیستم کمینه می‌گردد. این هزینه‌ها از دو بخش ثابت و متغیر تشکیل گردیده است که به ترتیب عبارتند از: هزینه‌های برپایی تسهیلات و نیز هزینه‌های خطی حمل محصولات از مراکز توزیع به مشتریان. در معادله (۲) مجموع زمان ارسال محصولات از مراکز توزیع به مشتریان کمینه می‌گردد. معادله (۳) تضمین می کند که از محدودیت ظرفیت هر مرکز توزیع تخطی نمی‌کنیم، درحالیکه معادله (٤) تضمین می کند که تقاضای هر منطقه مشتری برآورده می گردد. معادله (۵) حدود بالا و پایین ظرفیت ارسال محصول نوع p ام با روش حمل و نقل rام در هر مسیر می باشد. معادله (٦) نشان‌دهنده حد



بالای مجموع ارسال محصولات نوع p از تمام مراکز توزیع به تمام مشتریان با روش حمل و نقل r ام است. سرانجام، محدودیت های فنی روی تصمیمات از طریق محدودیت های (۷) و (۸) و (۹) ایجاد شده است. نکته‌ی مهم اینکه رابطه منطقی بین متغیرهای تصمیم جایابی و تخصیص (یعنی z_k و Y_{pklr}) تلویحاً از طریق محدودیت ظرفیت (معادله ۳) و رابطه بین متغیر تصمیم‌گیری نوع حمل و نقل و تخصیص (یعنی w_{pklr} و Y_{pklr}) از طریق معادله (۵) در نظر گرفته می‌شود.

۳. رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی

هنگامی‌که اطلاعات مبهمی درباره توابع هدف ارایه می‌گردد، می‌توان مسأله را به صورت یک مدل برنامه‌ریزی فازی آرمانی فرموله کرد. تحقیقات بسیاری، نظریه مجموعه‌های فازی را در زمینه برنامه‌ریزی آرمانی که برای اولین بار توسط Narsimhan [۱۲] ارایه شده است را گسترش داده اند. در حقیقت، برنامه‌ریزی با اهداف چندگانه و فازی دارای کاربردهای بسیار گسترده‌ای می باشد. به عنوان مثال، Sinha و همکاران [۱۳] از برنامه‌ریزی فازی آرمانی در سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده کرده‌اند. Rao و همکاران [۱٤] رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی را برای مسایل بهینه‌سازی ساخت یافته ارایه کرده‌اند. Kumar و همکاران [۱۵] از رویکرد مذکور برای مسأله انتخاب فروشندگان در زنجیره تأمین بهره گرفته اند. Mishra و همکاران [۱٦] رویکرد مذکور را برای مسأله انتخاب ماشین- ابزار و تخصیص عملیات در سیستم‌های تولید انعطاف پذیر ارایه کرده‌اند.

یک مسأله برنامه‌ریزی فازی آرمانی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$Find \quad x_i \quad i=1,2,...,n \qquad (۱۰)$$

To satisfy:

$$Z_1(x_i) \cong \tilde{Z}_l \qquad l=1,2,...,L \qquad (۱۱)$$

$$h_j(x_i) \le d_j \qquad j=1,2,...,J \qquad (۱۲)$$

$$S_k(x_i) = c_k \qquad k=1,2,...,K \qquad (۱۳)$$

$$x_i \ge 0 \quad \text{and Integer} \quad i=1,2...,n \qquad (۱٤)$$

که در آن پارامترهای به کار رفته به صورت زیر تعریف می‌گردند:

$Z_l(x_i)$: l امین محدودیت آرمانی

$h_j(x_i)$: j امین محدودیت نامساوی

$S_k(x_i)$: k امین محدودیت تساوی

$\tilde{Z}_l$: مقدار هدف l امین محدودیت

d_j : منابع در دسترس محدودیت نامساوی

c_k : منابع در دسترس محدودیت تساوی

در رابطه ارایه شده در معادله (۱۱)، علامت « ≅» نشان‌دهنده فازی‌سازی تابع هدف است. این علامت جایگزین کلمه « تقریباً » شده است و بیانگر این نکته است که $Z_l(x_i)$ باید در همسایگی $\tilde{Z}_l$ باشد. 1 امین هدف فازی- $Z_l(x_i) \cong \tilde{Z}_l$ - بر این نکته تأکید دارد که، تصمیم‌گیرنده حتی نسبت به مقادیر $Z_l(x_i) \cong \tilde{Z}_l$ که مقدار کمی بزرگ‌تر (یا کم‌تر) از مقدار انحراف مشخص شده توسط محدودیت خطا است، نیز راضی است. j امین محدودیت سیستم، $h_j(x_i) \le d_j$ و k امین محدودیت سیستم، $S_k(x_i) = c_k$ ثابت و قطعی (crisp) فرض شده‌اند.

نظریه مجموعه‌های فازی [۱۷] مبتنی بر توسعه‌ای از تعاریف کلاسیک مجموعه‌ها بنیان گذاشته شده‌است. در نظریه کلاسیک مجموعه ها، هر عنصر از یک X عمومی یا به مجموعه A متعلق است و یا نه، درحالیکه در نظریه مجموعه‌های فازی، یک عنصر با مقدار درجه عضویت مشخصی، به مجموعه A تعلق دارد.

تعریف ۱. مجموعه فازی A در X به صورت زیر تعریف می گردد:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \qquad (۱۵)$$

که در آن، $\mu_A(x): X \to [0,1]$ تابع عضویت A و $\mu_A(x)$ درجه عضویت x به A نامیده می‌شود.

با استفاده از رویکرد پیشنهادی Yang و همکاران [۱۸]، f-MIGP را می توان با تعیین مجموعه تصمیم‌گیری و سپس بیشینه‌سازی مجموعه حلّ کرد. این رویکرد مبتنی بر یک تخمین هوشمندانه خطی همراه با عملگر کمینه، برای ادغام اهداف فازی است. هنگامی‌که توابع عضویّت اهداف فازی $\mu_{Z_i}(x_i)$ معلوم هستند، فرمولاسیون مسأله بهینه‌سازی فازی (f-MIGP)

تبدیل بـه یـک فرمولاسـیون ثابـت و قطعـی معـادل (c-MIGP) برای مسأله بهینه‌سازی می‌گردد. در اینجا P_l را مقدار ماکزیمم تلـرانس g_l کـه توسـط تـصمیم‌گیرنـده تعیین می شود، در نظـر مـی‌گیـریم. بنـابراین بـه کمـک مفاهیم تئـوری فـازی، تـابع عـضویت توابـع هـدف بـه صورت زیر تعریف می‌گردد:

(۱۶)

$$\mu_{Z_l}(X)=\begin{cases}1 & \text{if } Z_l(X)<g_l\\ 1-\dfrac{Z_l(X)-g_l}{p_l} & \text{if } g_l\le Z_l(X)\le g_l+p_l\\ 0 & \text{if } Z_l(X)>g_l+p_l\end{cases}$$

عبارت $\mu_{Z_l}(X)$ نشان‌دهنده درجه عضویتی اسـت که جـواب X بـه هـدف l تعلـق دارد و در واقـع میـزان رضایت تصمیم‌گیرنده را بیان می کند.

فضای تصمیم مسأله بر اساس تابع عـضویت توابـع هدف و محدودیتهای سیستم بـه صـورت زیـر تعریـف می‌شود:

$$Z^{\alpha}=\left\{\bigcap_{l=1}^{L}Z_l^{\alpha}\right\}\bigcap G \qquad 0\le\alpha\le 1 \qquad (۱۷)$$

به طوری که G نمایشگر محدودیتهای سیستم و یـا فضای شدنی است.

شکل ۱. تابع عضویت مربوط به اهداف

بر اساس اصول اساسی تئوری فازی، تابع عـضویت Z به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\mu_Z(X)=\min_{l=1}^{L}\{\mu_{Z_l}(X)\} \qquad (۱۸)$$

در نهایـــت، بـــرای رســـیدن بـــه جـــواب بهینه X^*، $\mu_Z(X)$، بایستی از طریق حلّ مدل برنامه‌ریزی ریاضی زیر ماکزیمم گردد:

$$\max \quad \alpha \qquad (۱۹)$$

s.t.

$$\alpha\le\mu_{Z_l(x_i)} \quad \forall l \qquad (۲۰)$$

$$h_j(x_i)\le d_j \quad \forall j \qquad (۲۱)$$

$$S_k(x_i)=c_k \quad \forall k \qquad (۲۲)$$

$$x_i\ge 0 \quad \text{and Integer} \quad \forall i \qquad (۲۳)$$

۴. کاربرد مدل برنامه‌ریزی فازی آرمانی

مدل برنامه‌ریزی فازی آرمانی برای مدل پیـشنهادی در این مقاله را می توان به صورت زیر ارایه کرد:

$$\sum_p\sum_k\sum_l\sum_r c_{pklr}Y_{pklr}+\sum_k f_k z_k\cong\tilde{Z}_1 \qquad (۲۴)$$

$$\sum_p\sum_k\sum_l\sum_r t_{pklr}w_{pklr}\cong\tilde{Z}_2 \qquad (۲۵)$$

s.t.

محدودیت های (۳) تا (۹)

۵. نتایج عددی

برای تأیید صحت عملکرد مدل ارایه شده و همچنین ارزیابی کارایی رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی در حلّ مدل، ۵ مسأله نمونه با استفاده از داده‌های تصادفی تولید شده است. چگونگی تولید داده‌های مسایل نمونه در جدول (۱) ارایه شده است. تمامی مسایل نمونه به کمک روش شاخه و کران و از طریق نرم‌افزار Lingo 8، بر روی رایانه‌ای با پردازشگر Intel® 3.0 GHz و با مقدار حافظه 512 MB، حلّ شده‌اند. نتایج محاسبات در جدول شماره ۲ ارایه گردیده است.

جدول ۱. چگونگی تولید داده‌های مسایل نمونه

پارامتر	مقدار
c_{pklr}	Unif [10,200]
t_{pklr}	Unif [1,10]
d_{pl}	Unif [5,100]
f_k	Unif [5000,10000]
S_{pk}	Unif [100,500]
$\overline{V}_{pr}$	Unif [50,100]
$\underline{V}_{pr}$	Unif [0,7]
$\overline{VT}_{pr}$	Unif [100,500]

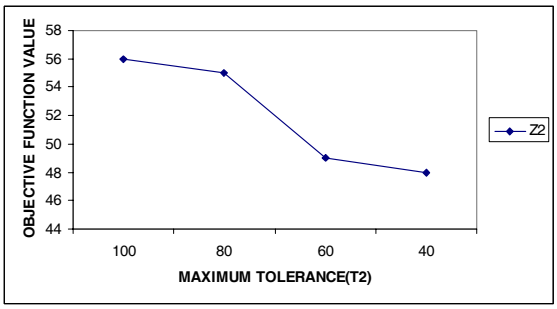
جدول ۲. نتایج نهایی حلّ مسایل نمونه

No. Problem	p × k × l × r	Z_1^*	Z_2^*	Aspiration level
۱	۲ × ۳ × ۶ × ۲	۴۴۳۶۲	۵۶	۰/۶۰
۲	۲ × ۵ × ۱۰ × ۲	۴۸۲۹۳	۷۶	۰/۵۰
۳	۴ × ۳ × ۶ × ۳	۵۹۰۷۹	۱۰۰	۰/۳۷
۴	۲ × ۳ × ۶ × ۴	۳۲۵۹۳	۴۷	۰/۶۶
۵	۴ × ۵ × ۱۰ × ۲	۸۷۳۱۶	۱۵۵	۰/۰۷

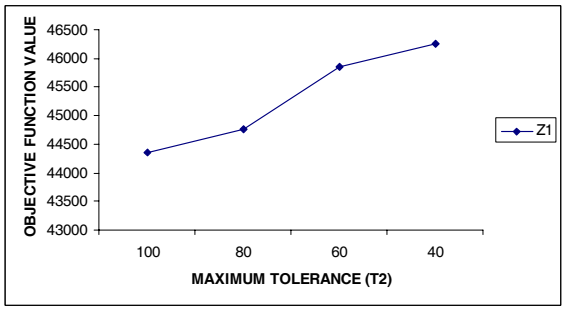
۱،۵. تحلّیل حساسیت بر روی نتایج

در مسایل بهینه‌سازی با اهداف چندگانه با توجّه به توازن بین اهداف مختلف، می‌توان ترکیبات مختلف از جواب بهینه برای مسأله به دست آورد. به عبارت دیگر، تصمیم‌گیرنده با توجّه به ویژگی‌های هر یک از توابع، بازه مشخصی برای آن تعیین می‌نماید؛ به عنوان نمونه، با در نظر گرفتن میزان بودجه‌ای که به یک تابع هدف می‌تواند اختصاص دهد، برای تابع هدف مورد نظر بازه مشخصی– که این بازه نشان‌دهنده میزان انعطاف‌پذیری تابع هدف نیز هست– تعیین می‌کند. عمل تعیین بازه برای توابع هدف در رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی از طریق اختصاص تلرانس مشخص به هر یک از توابع هدف صورت می‌گیرد. بنابراین با تغییر در تلرانس‌های اختصاصی به هر یک از توابع هدف جواب‌ها و مقدار توابع هدف بهینه مسأله تغییر می‌کنند. به همین دلیل، ما با در نظر گرفتن مسأله نمونه اوّل و با تغییر در مقادیر تلرانس تخصیصی، سعی در تحلّیل حساسیّت مدل نسبت به این تغییرات داریم. لازم به ذکر است که تلرانس اوّلیه برای تمامی مسایل نمونه ۱۰۰۰۰ برای تابع هدف اوّل و ۱۰۰ برای تابع هدف دوم در نظر گرفته شده است.

به منظور انجام تحلّیل حساسیت بر روی مدل، ابتدا تلرانس تابع هدف اول (مجموع هزینه‌های سیستم) را در مقدار ۱۰۰۰۰، ثابت نگاه داشتیم و تلرانس تابع هدف دوم (مجموع زمان‌های حمل و نقل سیستم) را از مقدار ۱۰۰ به ٤٠ کاهش دادیم. با انجام این کار، مقدار بهینه مجموع هزینه‌های سیستم روند افزایشی (مطابق شکل ۲–الف) و به طبع آن مقدار بهینه مجموع زمان‌های حمل و نقل روند کاهشی (مطابق شکل ۲– ب) به خود می‌گیرد. به عبارت دیگر، با توجّه به تقابل موجود بین توابع هدف، مدل با کاهش مجموع زمان‌های حمل و نقل سعی در جبران این کاهش با افزایش در مجموع هزینه‌های سیستم دارد و بر عکس آن نیز صادق می‌باشد. با افزایش تلرانس تابع هدف دوم از مقدار ۱۰۰ به۲۰۰، مقدار بهینه مجموع هزینه‌های سیستم، روند کاهشی (مطابق شکل ۳– الف) و مجموع زمان‌های حمل و نقل، روند افزایشی (مطابق شکل۳– ب) به خود می‌گیرد.

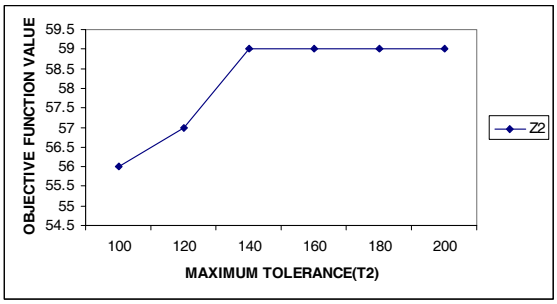


الف

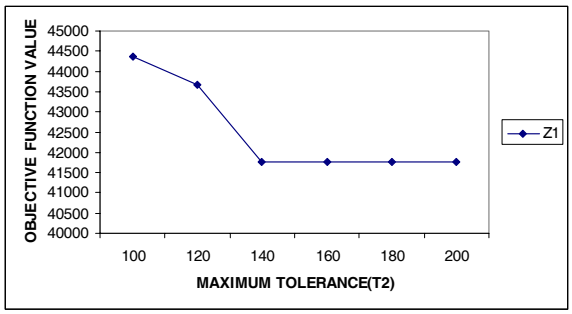


ب

شکل۲. الف) روند تغییر تابع هدف اول با کاهش تلرانس تابع هدف دوم. ب) روند تغییر تابع هدف دوم با کاهش تلرانس تابع هدف دوم.



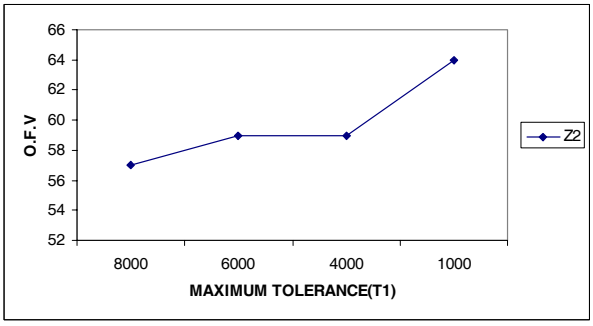
الف



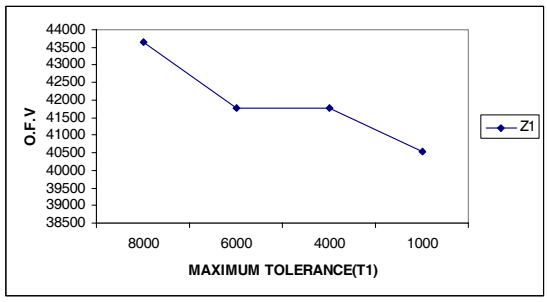
ب

شکل ۳. الف) روند تغییر تابع هدف اول با افزایش تلرانس تابع هدف دوم. ب) روند تغییر تابع هدف دوم با افزایش تلرانس تابع هدف دوم

در گام دوم مقدار تلرانس تابع هدف دوم (مجموع زمان‌های حمل و نقل سیستم) را در مقدار ۱۰۰ ثابت نگاه داشتیم و تلرانس تابع هدف اول (مجموع هزینه‌های سیستم) را از ۱۰۰۰۰ به ۱۰۰۰ کاهش دادیم، در نتیجه این عمل مقدار بهینه مجموع هزینه‌های سیستم، روند کاهشی (مطابق شکل ٤- الف) و مجموع زمان‌های حمل و نقل سیستم، روند افزایشی (مطابق شکل ٤- ب) به خود می‌گیرد. بر عکس با افزایش تلرانس تابع هدف اول (مجموع هزینه‌های سیستم) از ۱۰۰۰۰ به ٦۰۰۰۰، مقدار بهینه (مجموع هزینه‌های سیستم)، روند افزایشی (مطابق شکل ٥- الف) و مجموع زمان‌های حمل و نقل سیستم، روند کاهشی (مطابق شکل ٥- ب) می‌گیرد. نتایج این تغییرات در جدول ۳ ارایه شده است.

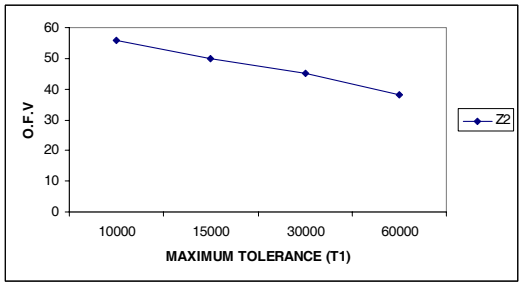


الف



ب

شکل ۴. الف) روند تغییر تابع هدف اول با کاهش تلرانس تابع هدف اول. ب) روند تغییرتابع هدف دوم با کاهش تلرانس تابع هدف اول.



الف ب

شکل ۵. الف) روند تغییر تابع هدف اول با افزایش تلرانس تابع هدف اول. ب) روند تابع هدف دوم با افزایش تلرانس تابع هدف اول.

جدول ۳. نتایج آنالیز حساسیت بر روی تلرانس تابع هدف اول و دوم مسأله اول

تلرانس تابع هدف اول	تلرانس تابع هدف دوم	Z_1^*	Z_2^*	Aspiration Level
۱۰۰۰۰	۱۰۰	۴۴۳۶۲	۵۶	۰/۶۰
۱۰۰۰۰	۸۰	۴۴۷۵۴	۵۵	۰/۵۲
۱۰۰۰۰	۶۰	۴۵۸۵۸	۴۹	۰/۴۵
۱۰۰۰۰	۴۰	۴۶۲۵۰	۴۸	۰/۲۲
۱۰۰۰۰	۲۰	-	-	نشدنی
۱۰۰۰۰	۱۲۰	۴۳۶۵۷	۵۷	۰/۶۶
۱۰۰۰۰	۱۴۰	۴۱۷۷۷	۵۹	۰/۷۰
۱۰۰۰۰	۱۶۰	۴۱۷۷۷	۵۹	۰/۷۳
۱۰۰۰۰	۱۸۰	۴۱۷۷۷	۵۹	۰/۷۶
۱۰۰۰۰	۲۰۰	۴۱۷۷۷	۵۹	۰/۷۹
۸۰۰۰	۱۰۰	۴۳۶۵۷	۵۷	۰/۵۹
۶۰۰۰	۱۰۰	۴۱۷۷۷	۵۹	۰/۵۸
۴۰۰۰	۱۰۰	۴۱۷۷۷	۵۹	۰/۵۸
۱۰۰۰	۱۰۰	۴۰۵۳۱	۶۴	۰/۵۳
۱۵۰۰۰	۱۰۰	۴۵۵۳۶	۵۰	۰/۷۱
۳۰۰۰۰	۱۰۰	۴۹۰۳۲	۴۵	۰/۷۱
۶۰۰۰۰	۱۰۰	۵۳۰۴۳	۳۸	۰/۷۸

۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله، ما به بررسی طراحی شبکه توزیع در زنجیره تأمین پرداختیم. بدین منظور ما مدل جایابی تسهیلات چند محصولی با ظرفیت محدود را توسعه دادیم که در آن به ازای هر مسیر بین مبادی و مقاصد مختلف، چندین گزینه حمل و نقل قابل انتخاب است. از طرف دیگر علاوه بر مجموع هزینه‌های سیستم به عنوان تابع هدف، مجموع زمان‌های حمل و نقل در سیستم به عنوان تابع هدف دوم در مدل در نظر گرفته شده است و به طور همزمان به کمینه‌سازی دو تابع هدف ذکر شده پرداختیم.

برای حلّ مدل پیشنهادی از رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی بهره گرفتیم. با توجّه به ناسازگاری بین توابع هدف مدل، رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی می‌تواند رویکرد کارایی برای دستیابی به راه حلّی مطلوب با توجّه به نظر تصمیم گیرنده باشد.

سرانجام، برای تأیید مدل و کارایی رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی، مسایل نمونه‌ای با داده‌های تصادفی ایجاد کردیم که نتایج حاصل از حلّ این مسایل، صحت عملکرد مدل و همچنین رویکرد مورد استفاده در حلّ مدل پیشنهادی را تأیید می‌کند.

مراجع

[1] . Bramel J., Simchi-Levi D., The logic of logistics: theory, algorithms, and applications for logistics management, Springer-Verlag, USA, New Yourk, 1997.

[2] . Jang Y.J., Jang S.Y., Chang B.M., Park J., A combined model of network design and production/distribution planning for a supply network, Computers and Industrial Engineering, 43, pages:263-281, 2002.

[3] . Hax A.C., Candea D., Production and inventory management, Prentice-Hall Inc., USA, New Jersey, 1984.

[4] . Erenguc S.S., Simpson N.C., Vakharia A.J., Integrated production/distribution planning in supply chains: an invited review, European Journal of Operational Research, 115, pages: 219-236, 1999.

[5] . Jayaraman V., An efficient heuristic procedure for practical-sized capacitated warehouse design and management, Decision Sciences Journal, 29, 3, pages:729-745, 1998a.

[6] . Jayaraman V., Transportation facility location and inventory issues in distribution network design: An investigation, International Journal of Operations and Production Management, 18, 5, pages:471-494, 1998b.

[7] . Pirkul H., Jayaraman V., A multi commodity multi plant capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution, Computers and Operations Research, 25, 10, Pages:869-878, 1998.

[8] . Canel C., Das S.R., The uncapacitated multi period facilities location problem with profit maximization, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 29, 6, pages:409-433, 1999.

[9] . Jayaraman V., Ross A., A simulated annealing methodology to distribution network design and management, European Journal of Operational Research, 144, pages:629-645, 2003.

[10] . Miranda P.A., Garrido R.A., Incorporating inventory control decisions into a strategic distribution network design model with stochastic demand, Transportation Research Part E, 40, pages:183-207, 2004.