فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال چهاردهم، شماره ۴۰، بهار ۹۵
صفحات ۱۳۶- ۱۱۱

ارائه‌ی یک مدل چند هدفه‌ی فازی جهت ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان در زنجیره تأمین ناب - چابک

مژگان خراسانی*، ابوالفضل کاظمی**

تاریخ دریافت: ۹۴/۵/۲۸ تاریخ پذیرش:۹۴/۱۰/۸

چکیده

در این تحقیق، به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان با استفاده از ویژگی‌های زنجیره تأمین ناب – چابک و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان منتخب پرداخته می‌شود. در مدل پیشنهادی، تأمین‌کنندگان بالقوه با بکارگیری یک مدل چند هدفه‌ی فازی با توجه به ویژگی‌های کلیدی زنجیره تأمین ناب - چابک، از جمله توانایی در پاسخگویی به تقاضاها، کاهش زمان تأخیر و هزینه‌ها که از عوامل برنده بودن بازار در این نوع از زنجیره تأمین محسوب می‌شوند و همچنین با در نظر گرفتن ظرفیت و محدودیت‌های موجود برای سازمان و تأمین‌کنندگان ارزیابی می‌گردند. مدل ارائه شده، اجازه‌ی انتخاب چندین تأمین کننده را به خریدار می‌دهد. همچنین، مدل پیشنهادی چند محصولی بوده و چندین دوره را در نظر می‌گیرد. به علت زمان زیاد برای مسائل با ابعاد بزرگ و عدم کارایی روش‌های دقیق با افزایش ابعاد مسأله، علاوه بر حل مسأله به وسیله‌ی نرم‌افزار لینگو از الگوریتم ژنتیک برای رسیدن به جواب بهینه استفاده شده است.

واژگان کلیدی: انتخاب تأمین کننده، زنجیره تأمین ناب – چابک، الگوریتم ژنتیک، تخصیص تقاضا، روش تاگوچی

*دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، قزوین، ایران
m.khorasani@qiau.ac.ir
**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، قزوین، ایران

مقدمه

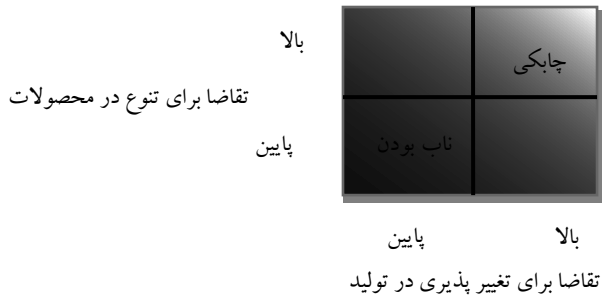
در بازارهای به طور فزاینده رقابتی، رضایت مشتری هدف حیاتی برای شرکت‌ها به‌شمار می‌رود. محیط بسیار رقابتی امروز، سازمان‌ها را مجبور به ایجاد یک همکاری مؤثر و بلندمدت با سازمان‌های کارآمد نموده است. در نتیجه، فرآیند انتخاب تأمین کننده‌ی مناسب در زنجیره‌های تأمین برای موفقیت هر سازمان تولیدی، موضوعی بسیار مهم تلقی می‌گردد (راجش و مالیگا[1]، ۲۰۱۳).

استراتژی‌های کلیدی مطرح زنجیره تأمین در حوزه‌های تجاری و صنعتی در دو دهه‌ی کنونی سه استراتژی ناب[2]، چابک[3] و ناب – چابک[4] می‌باشند. یک زنجیره تأمین ناب با کاهش هزینه، سودآوری را بیشینه می‌کند، در حالی‌که زنجیره تأمین چابک سودآوری را با فراهم نمودن همان‌چیزی که مشتریان تقاضا نموده‌اند، بیشینه می‌نماید. تمرکز اصلی تفکر ناب بر روی حذف تمامی اتلاف‌ها در سازمان است درحالی‌که چابکی یا سریع بودن سازمان به معنای حداکثر انعطاف‌پذیری است و نه تنها به تغییرات در محصول، بازار و نیازهای مشتریان پاسخ می‌دهد، بلکه فرصت‌هایی را فراهم آورد که بتواند در میان رقبا به عنوان سازمان برتر شناخته شود (هوانگ و لی[5]، ۲۰۱۰؛ گلدزبی[6] و همکاران، ۲۰۰۶). استراتژی ناب- چابک تلفیقی از دو تفکر ناب و چابک است و هم مسأله‌ی کاهش هزینه و افزایش کارایی را در نظر داشته و هم از توانایی پاسخگویی سریع و مؤثر به نیازهای مشتریان برخوردار است (جعفر نژاد و شهانی، ۱۳۸۶).

تولید ناب به طور ویژه بر کاهش نوسان‌های تقاضا تمایل دارد و سعی در هموار نمودن زمان‌بندی‌های تولید دارد، در حالی‌که هدف در زنجیره تأمین چابک، پاسخگویی به تقاضاهای متغیر و با نوسان زیاد است و یکنواختی تقاضا و زمان‌بندی‌های هموار در الگوی

1. Rajesh and Malliga
2. Lean
3. Agile
4. Leagile
5. Huang and Li
6. Goldsby

چابک، تقریباً صادق نیست. بنابراین، قدرت مانور و پاسخگویی الگوی ناب در بازارهای نوسان‌دار بسیار پایین است و با تغییرات تقاضا، سطح سرویس‌دهی در آن کاهش می‌یابد. بر عکس، در محیط‌هایی که تقاضا متغیر و فرار است و تنوع بالای محصول مورد نظر است، سطوح بالایی از چابکی مورد نیاز است (بائومیانگ[1]،۲۰۰۸؛ بروس[2] و همکاران، ۲۰۰۴). اگر تقاضای کاربر نهایی فراتر از کنترل زنجیره تأمین باشد، پیاده سازی تولید ناب در رابطه با کاربر نهایی ممکن نخواهد بود. شکل (یک)، کاربردهای متفاوت ناب بودن و چابکی را با در نظر گرفتن دو بعد تنوع محصول و تغییر پذیری تولید به نمایش می‌گذارد. مناطق تیره‌تر در شکل(یک) تمایل به سمت ناب بودن و نواحی روشن‌تر تمایل به استراتژی چابکی دارند. عامل اصلی در نظر گرفتن این نکته است که آیا تقاضا برای تنوع در میزان تولید وجود دارد یا خیر (نعیم وگسلینگ[3]، ۲۰۱۱؛ نیلور[4] و همکاران، ۱۹۹۹).



شکل۱ - کاربردهای ناب بودن و چابکی (نیلور و همکاران، ۱۹۹۹)

در محیط رقابتی کنونی که همواره با عدم قطعیت و تنوع در نیازهای مشتریان همراه است، زنجیره تأمین ناب نمی‌تواند خواسته‌های مشتریان نهایی را به سرعت پاسخ دهد. از سوی

1. Banomyong
2. Bruce
3. Naim and Gosling
4. Naylor

دیگر، استفاده از ابزارهای چابکی که منجر به ایجاد توانایی سازمان در پاسخگویی به نیازهای متنوع بازار می‌گردد، معمولا مستلزم صرف هزینه‌ی بیشتر و افزایش قیمت محصول است که در الگوی ناب این افزایش قیمت، اتلاف محسوب می‌گردد (کریشنامورثی و یاچ[1]، ۲۰۰۷). در نتیجه، زنجیره تأمین ناب- چابک که ترکیبی از مزایای استفاده از تولید ناب و تولید چابک شده است در صنعت تولید ارائه شده است (ژانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین، اگر شرکتی واقعاً خواهان این باشد که به یک زنجیره تأمین ناب- چابک تبدیل گردد، بایستی با شرکای زنجیره تأمین خود به طور مستمر ارتباط برقرار نماید تا از این طریق بتواند محصولات را در زمان مناسب، به میزان مناسب و با یک روش مناسب به مشتریان تحویل دهد (کیسپرسکا و هان[3]، ۲۰۱۰). بنابراین، تأمین کننده به عنوان اولین عضو از زنجیره‌ی تأمین دارای نقشی اساسی و مهم در موفقیت و یا شکست سازمان‌ها با این نوع استراتژی زنجیره تأمین است. برای این منظور، یک فرآیند انتخاب تأمین کننده‌ی مؤثر در این نوع زنجیره تأمین ضروری است.

۲- پیشینه‌ی تحقیق

مسأله‌ی انتخاب تأمین کننده‌ی از سال‌های گذشته مورد توجه بسیاری از محققان بوده و در سال‌های اخیر نیز مطالعاتی در زمینه‌ی انتخاب تأمین‌کننده در حالت کلی و در زنجیره‌های تأمین ناب و چابک صورت گرفته است.

در سال ۲۰۰۰، وبر و کارنت[4] برای اولین بار، یک مدل چندهدفه را درشرایطی‌که اهداف در تعارض بودند را ارائه نمودند. در مدل پیشنهادی، سه تابع هدف برای کمینه کردن مجموع هزینه‌ی خرید، موارد دیرکردتحویل وقطعات برگشتی فرموله شده بود (وبر و کارنت، ۲۰۰۰). در سال ۲۰۰۶، عمید[5] و همکاران اولین مدل برنامه‌ریزی فازی چند هدفه[6] (FMOP) برای مسأله‌ی انتخاب تأمین کننده را با استفاده از روش تصمیم گیری نامتقارن

1. Krishnamurthy and Yauch
2. Zhang
3. Kisperska and Hann
4. Weber and Current
5. Amid
6. Fuzzy Multiple Objective Programming

فازی و با در نظر گرفتن عدم قطعیت و دقت اطلاعات ایجاد نمودند. در واقع در این مقاله برای نخستین بار، یک مدل چند هدفه‌ی فازی برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده که در آن اوزان مختلفی را می‌توان برای اهداف مختلف در نظر گرفت، توسعه داده شده است. مدل پیشنهادی، تصمیم‌گیرندگان را قادر به اختصاص اوزان مختلف به معیارهای مختلف می سازد (عمید و همکاران، ۲۰۰۶). در سال ۲۰۰۹، وو[1] و همکاران به بررسی مسأله‌ی انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین چابک پرداخته و یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه‌ی عدد صحیح مختلط با فرآیند تحلیلی شبکه را برای انتخاب همکار تجاری در زنجیره تأمین چابک پیشنهاد نمودند (وو و همکاران، ۲۰۰۹). در سال ۲۰۱۰، بهروزی و همکاران یک مدل مبتنی بر تئوری فازی را برای ارزیابی ناب بودن عملکرد تأمین کنندگان توسعه داده‌اند. مدل پیشنهادی آن‌ها بر اساس امتیازدهی و تابع عضویت فازی است و معیارهای کاهش ضایعات وکاهش هزینه برای ارزیابی میزان ناب بودن تأمین کنندگان در نظرگرفته شده است (بهروزی و همکاران، ۲۰۱۰). در سال ۲۰۱۱، سیف‌برقی و اسفندیاری مدلی ارائه نمودند که در کنار توابع هدف کلاسیک، شامل یک تابع هدف جدید بود که هزینه‌های معامله‌ی خرید را کمینه می‌کرد و سعی در کاهش تعداد تأمین کنندگان داشت. به دلیل اینکه این مسأله از نوع NP-Hard است، برای حل آن از دو الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک و تبرید استفاده شده است (سیف‌برقی و اسفندیاری، ۲۰۱۱).

در سال ۲۰۱۲، یو[2] و همکاران اقدام به معرفی یک مدل چند هدفه‌ی فازی برای انتخاب تأمین کننده تحت تدارکات ناب نمودند. مدل معرفی شده، شامل دو تابع هدف حداقل سازی هزینه و جریمه‌های دیرکرد و یک تابع هدف حداکثرسازی سطح کیفیت اقلام خریداری شده بود. در این مدل به تحویل به موقع قطعات توسط تأمین‌کنندگان، توجه شده است (یو و همکاران، ۲۰۱۲). در سال ۲۰۱۴، لی[3] و همکاران درمقاله‌ی خود به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان تحت زنجیره تأمین چابک پرداختند. در مقاله‌ی مذکور، مسأله‌ی انتخاب تأمین‌کننده به-

1. Wu
2. Yu
3. Lee

صورت مسأله‌ی تصمیم‌گیری یک چند معیاره و فازی مطرح گردید و تنها ویژگی‌های چابکی برای انتخاب معیارها و زیر معیارهای ارزیابی در نظر گرفته‌شده‌اند و ویژگی‌های مربوط به ناب بودن مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند. در سال ۲۰۱۵، عبدالهی و همکاران یک چارچوب برای انتخاب تأمین کننده براساس ویژگی‌های مربوط به محصول و مرتبط با سازمان تأمین‌کنندگان را در سازمان‌های ناب و سازمان‌های چابک فراهم نمودند. هدف از این مطالعه ، انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان در هریک از سازمان‌های مذکور با در نظر گرفتن ویژگی‌های آن‌ها معرفی شده است.

با بررسی تحقیقات موجود، می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه مطالعاتی در زمینه‌ی ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین در سال‌های اخیر وجود دارد، اما این مسأله تا کنون برای زنجیره تأمین ناب- چابک که از ترکیب دو نوع استراتژی ناب و چابک حاصل گشته، مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، در این تحقیق یک مدل چند هدفه برای انتخاب تأمین کنندگان با در نظر گرفتن این نوع زنجیره تأمین ارائه می‌گردد. در حقیقت در این تحقیق، با در نظر گرفتن ویژگی‌های زنجیره تأمین ناب – چابک، مطالعه‌ی یو و همکاران در سال ۲۰۱۲ که مسأله‌ی انتخاب تأمین‌کننده را تحت تدارکات ناب با تمرکز بر تحویل به موقع بررسی نموده است را گسترش داده است.

تعریف مسأله و روش حل

در مقاله‌ی یو و همکاران که در سال ۲۰۱۲ ارائه گردیده است، به موقع بودن تحویل در تدارکات ناب بسیار مورد تأکید قرار گرفته و بر این اساس، جریمه‌هایی برای دیرکرد و یا تحویل زودتر از موعد مقرر در مدل پیشنهادی آن‌ها در نظر گرفته شده است و تنها در بازه‌ی مشخصی از زمان، تحویل اقلام بدون جریمه در نظر گرفته شده است. با توجه به ناکارآمد بودن استراتژی ناب در پاسخگویی به تقاضاهای موجود در بازارهای پر نوسان، در مدل پیشنهادی که در تحقیق حاضر ارائه می‌گردد، ویژگی‌های زنجیره تأمین ناب- چابک برای مسأله‌ی انتخاب تأمین‌کننده در نظر گرفته شده و مدلی شامل سه تابع هدف ارائه می‌گردد.

همچنین، بر خلاف زنجیره تأمین ناب که پارامترها همچون تقاضا، ظرفیت، زمان تحویل و ... به صورت ثابت در نظر گرفته می‌شوند، در زنجیره تأمین ناب- چابک به دلیل پویا بودن محیط پارامترها نیز ممکن است در دوره‌های مختلف، تغییر نمایند.

اجزای مدل پیشنهادی تحقیق

فرضیات

یک یا تعداد بیشتری از اقلام می‌توانند توسط هریک از تأمین‌کنندگان، تأمین گردند. همچنین، ظرفیت تأمین‌کنندگان، تقاضای سازمان، زمان تحویل، قیمت اقلام و هزینه‌ی حمل و نقل در دوره‌های زمانی مختلف، تغییر می‌کند و ظرفیت هر یک از تأمین‌کنندگان، محدود است. تقاضا به صورت فازی است و ممکن است از دوره‌ای به دوره‌ی دیگر تغییر نماید.

متغیرهای مدل

X_{sti} تعداد اقلام i که از تأمین کننده‌ی s در زمان t تأمین می‌شود.

Y_{sti} یک متغیر دودویی[1] است که اگر از تأمین کننده‌ی s در زمان t قلم i خریداری شود، مقدار یک می‌گیرد.

پارامترهای مدل

R_{sti} درصد اقلام مرجوعی i از تأمین کننده‌ی s در زمان t

P_{sti} هزینه‌ی خرید قلم i از تأمین کننده‌ی s در زمان t

TC_{sti} هزینه‌ی حمل و نقل

B_{max} حداکثر بودجه‌ی سازمان

O_{sti} هزینه‌ی ثابت سفارش‌دهی تأمین کننده‌ی s برای قلم i در زمان t

C_{st} محدودیت ظرفیت تأمین کننده‌ی s برای تأمین قلم i در زمان t

R_0 حداکثر درصد قابل قبول برای اقلام مرجوعی در طول افق برنامه‌ریزی

1. Binary

D_{ti} تقاضا برای قلم i در زمان t

LE_{sti} حدپایین برای EDD (زودترین زمان سررسید[1]) برای قلم i از تأمین‌کننده‌ی s در زمان t (هیچ تحویلی قبل از این تاریخ مجاز نیست).

L_{sti} زمان تحویل برای قلم i که در زمان t به وسیله‌ی تأمین‌کننده‌ی s تحویل داده می‌شود

MO_{sti} حداقل سفارش قلم i به تأمین کننده‌ی s در زمان t

n حداکثر تعداد تأمین کننده

M یک عدد بزرگ

$$Max\ Z_1 = \sum_s \sum_t \sum_i (1- R_{sti})\ X_{sti} \qquad (1)$$

$$Min\ Z_2 = \sum_s \sum_t \sum_i P_{sti}\ X_{sti} + \sum_s \sum_t \sum_i O_{sti}\ Y_{sti} + \sum_s \sum_t \sum_i TC_{sti}\ Y_{sti} \qquad (2)$$

$$Min\ Z_3 = \sum_s \sum_t \sum_i LD_{sti}\ X_{sti} + \sum_s \sum_t \sum_i ED_{sti}\ X_{sti} \qquad (3)$$

subject to

$$\sum_s X_{sti} = D_{ti} \qquad \forall\ t, i \qquad (4)$$

$$\sum_s Y_{sti} \le n \qquad \forall\ t, i \qquad (5)$$

1. Earliest Due Date

$$\sum_s \sum_t \sum_i P_{sti} X_{sti} \leq B_{\max} \qquad (6)$$

$$\sum_i X_{sti} \leq C_{st} \qquad \forall s, t \qquad (7)$$

$$\sum_s \sum_t R_{sti} X_{sti} \leq R_0 \sum_t D_{ti} \qquad \forall i \qquad (8)$$

$$\sum_s \sum_t LD_{sti} X_{sti} \leq LD_0 \sum_t D_{ti} \qquad \forall i \qquad (9)$$

$$X_{sti} \geq MO_{sti} Y_{sti} \qquad \forall s, t, i \qquad (10)$$

$$(L_{sti} - LE_{sti}) Y_{sti} \geq 0 \qquad \forall s, t, i \qquad (11)$$

$$X_{sti} \leq M Y_{sti} \qquad \forall s, t, i \qquad (12)$$

$$X_{sti} \geq 0 \qquad \forall s, t, i \qquad (13)$$

$$Y_{sti} \in \{0, 1\} \qquad \forall s, t, i \qquad (14)$$

تابع هدف (یک) سطح کیفیت اقلام خریداری شده را بیشینه می‌نمایند. تابع هدف (دو) هزینه‌ها (شامل هزینه‌ی خرید، هزینه‌ی ثابت سفارش‌دهی و هزینه‌ی حمل‌ونقل) و تابع هدف (سه) درصد اقلامی که دیر و یا زود تحویل داده می‌شوند را کمینه می‌سازند. محدودیت (چهار) اطمینان حاصل می‌نماید که تقاضای سازمان برای تمامی اقلام، توسط ترکیب همه‌ی تأمین کنندگان برآورده گردد. محدودیت (پنج) حداکثر تعداد تأمین کننده را با توجه به سیاست‌های سازمان خریدار در نظر می‌گیرد. محدودیت (شش)، محدودیت بودجه برای خرید اقلام را مورد توجه قرار داده و به این معنی است که مجموع قیمت پرداخت شده به تأمین کنندگان برای تهیه‌ی اقلام در طول دوره‌ی برنامه‌ریزی، نباید از بودجه‌ی مقرر فراتر رود. محدودیت (هفت) محدودیت در اندازه‌ی سفارش را با توجه به محدودیت‌های تأمین کنندگان اعمال می‌نمایند. محدودیت (هشت) بیان می‌کند که کل واحدهای مرجوعی هر یک از اقلام باید از ماکسیمم سطح مجاز، کمتر باشد. محدودیت (نه) مربوط به حداکثر واحدهایی است که دیر تحویل داده می‌شوند که نباید از حداکثر سطح مجاز مربوطه فراتر رود. محدودیت (ده) در رابطه با حداقل میزان سفارش است که بنا به دلایلی همچون عدم

صرفه‌ی اقتصادی برای تأمین کننده، مشخص بودن حداقل میزان انباشته‌ها و ... نباید از مقدار در نظر گرفته شده، کمتر باشد. محدودیت (یازده) تضمین می‌نماید که زمان تحویل پایین‌تر از حد مجاز زودترین موعد مقرر نباشد. محدودیت (دوازده) مانع از تضاد میان متغیرهای تصمیم‌گیری می‌گردد. محدودیت‌های (سیزده) و (چهارده) مربوط به متغیرهای مدل هستند که محدودیت (سیزده) بیانگر سهم هر تأمین‌کننده از کل تقاضا است و بنابراین، مقادیر کوچکتر از صفر برای آن بی معنی است و محددیت (چهارده) نیز مربوط به متغیر دودویی Y_{sti} است و در صورتی‌که از تأمین کننده‌ی s قلم i در زمان t خریداری شود، مقدار یک می‌گیرد.

از آن‌جا که ماهیت اطلاعات مربوط به مسأله‌ی انتخاب تأمین‌کننده فازی است، مدل اصلی به یک مدل چند هدفه‌ی فازی تبدیل می‌گردد. بر خلاف اصول زنجیره تأمین ناب، در زنجیره تأمین ناب- چابک میزان و نوع تقاضا مبهم و نامشخص است و از دوره‌ای به دوره‌ی دیگر تغییر می‌نماید و نمی‌توان حجم آن‌را به صورت دقیق پیش‌بینی نمود، در تحقیق حاضر، میزان تقاضا و در نتیجه محدودیت‌های مرتبط با آن نیز به صورت فازی در نظر گرفته می‌شوند. در این بخش اهداف و محدودیت‌های مدل که به صورت فازی در نظر گرفته می‌شوند، نمایش داده می‌شوند و سایر محدودیت‌ها بدون تغییر باقی خواهند ماند. توابع هدف و محدودیت-هایی که به صورت فازی در نظر گرفته شده‌اند، در روابط (پانزده) تا (بیست) نمایش داده شده‌اند. همچنین، محدودیت مربوط به تقاضا نیز به صورت مثلثی در نظر گرفته شده است.

$$Max\ Z_1 \cong \sum_s \sum_t \sum_i (1- R_{sti})\ X_{sti} \qquad (15)$$

$$\begin{aligned} Min\ Z_2 \cong & \sum_s \sum_t \sum_i P_{sti}\ X_{sti} \\ & + \sum_s \sum_t \sum_i O_{sti}\ Y_{sti} \\ & + \sum_s \sum_t \sum_i TC_{sti}\ Y_{sti} \end{aligned} \qquad (16)$$

$$\begin{aligned} Min\ Z_3 \cong & \sum_s \sum_t \sum_i LD_{sti}\ X_{sti} \\ & + \sum_s \sum_t \sum_i ED_{sti}\ X_{sti} \end{aligned} \qquad (17)$$

Subject to

$$\sum_{s} X_{sti} \cong D_{ti} \qquad \forall\, t, i \qquad (18)$$

$$\sum_{s}\sum_{t} R_{sti} X_{sti} \;\tilde{\leq}\; R_0 \sum_{t} D_{ti} \qquad \forall\, i \qquad (19)$$

$$\sum_{s}\sum_{t} LD_{sti} X_{sti} \;\tilde{\leq}\; LD_0 \sum_{t} D_{ti} \qquad \forall\, i \qquad (20)$$

الگوریتم حل برای مدل چند هدفه‌ی فازی ارائه شده

برای حل مدل پیشنهادی، روش ارائه شده در مقاله‌های که توسط عمید و همکاران در سال ۲۰۰۶ و همچنین، یو و همکاران در سال ۲۰۱۲ ارائه گردید، توسعه داده می‌شود. گام‌های روش حل مطابق مراحل زیر است:

۱- مدل انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین ناب- چابک را مطابق با معیارها و محدودیت-های خریدار و تأمین‌کننده می‌سازیم.

۲- مسأله‌ی انتخاب تأمین‌کننده‌ی چند هدفه با درنظر گرفتن تنها یک تابع هدف، حل می-گردد. به عبارت دیگر، مسأله به عنوان یک مسأله‌ی تک هدفه برای تمامی توابع هدف حل می‌گردد و برای هر تابع هدف، حدود بالا و پایین با استفاده از روش زیمرمن[1] (۱۹۸۷) پیدا می‌شود.

۳- از مرحله‌ی دوم برای هر تابع هدف مطابق با مجموعه جواب‌های هر تابع هدف، یک حد بالا و یک حد پایین تعریف می‌گردد. برای هر یک از توابع هدف (Z_j)، Z^{+}_{j} و Z^{-}_{j} به ترتیب نشان‌دهنده‌ی حد پایینی و بالایی می‌باشند.

۴- با استفاده از نتایج به دست آمده در مرحله‌ی سوم و اولویت‌های تصمیم‌گیرنده برای تصمیم‌گیری، مدل قطعی معادل با مسأله‌ی بهینه‌سازی فازی فرمول‌بندی می‌گردد.

۵- در این گام، بردار بهینه‌ی X^{*} را که در آن X^{*} جواب کارای مسأله‌ی چند هدفه‌ی مورد نظر با ارجحیت‌های تصمیم‌گیرنده است، به‌دست می‌آید. این روش در سال ۱۹۸۷ توسط

1. Zimmerman

تیواری[1] به نام مجموع وزن‌داده شده معرفی شده است.دراین روش،یک تابع عضویت یا تابع مطلوبیت جدید از مجموع وزن داده شده توابع عضویت اهداف ومحدودیت‌های فازی،متناسب باترجیحات تصمیم‌گیرنده به صورت روابط (بیست و یک) الی (بیست و سه) ساخته می‌شود:

$$\mu_D(x) = \sum_{j=1}^{q} W_j \mu_{zj}(x) + \sum_{r=1}^{h} \beta_r \mu_{gr}(x) \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^{q} W_j + \sum_{r=1}^{h} \beta_r = 1 \quad (22)$$

$$W_j, \beta_r \geq 0 \quad (23)$$

W_j و β_j به ترتیب برابر اوزان اهداف و محدودیت فازی با توجه به اولویت‌ها و ترجیحات تصمیم‌گیرنده هستند. به منظور یافتن جواب بهینه‌ی مسأله‌ی بالا، از مسأله‌ی معادل خطی زیر که شامل روابط (بیست وچهار) تا (بیست وهشت) است، می‌توان استفاده نمود:

$$Max \sum_{j=1}^{q} W_j \lambda_j + \sum_{r=1}^{h} \beta_r \gamma_r \quad (24)$$

Subject to

$\lambda_j \leq \mu_{zj}(x), \quad j = 1, 2, \ldots q$ برای تمامی توابع هدف (25)

$\gamma_r \leq \mu_{gr}(x), \quad r = 1, 2, \ldots h$ برای محدودیت‌های (26)

$g_p(x) \leq b_p, \quad p = h+1, \ldots m$ برای محدودیت‌های (27)

$$\lambda_j, \gamma_r \in [0, 1], \sum_{j=1}^{q} W_j + \sum_{r=1}^{h} \beta_r = 1, \; W_j, \beta_r \geq 0 \quad (28)$$

همان‌گونه که بیان گردید در این روش، ترجیحات تصمیم‌گیرنده در قالب اوازن تخصیص داده شده به توابع هدف و محدودیت‌های فازی در مدل لحاظ می‌گردد. در سال ۲۰۰۱، تاسی

1. Tiwari

و چن[1] نشان دادند ممکن است در برخی موارد به دلیل وزن زیاد برخی اهداف سطح دستیابی به اهداف، متناظر با نسبت تعیین شده برای وزن‌ها نباشد (تاسی و چن، ۲۰۰۱).

حل مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یا به اختصار GA تکنیکی برای جست‌وجوی تصادفی است و براساس ساز و کار انتخاب طبیعی و تئوری ژنتیک است. این الگوریتم با یک مجموعه از پاسخ‌های تصادفی آغاز به کار می‌نماید. هر فرد در این جمعیت، یک کروموزوم[2] نامیده می‌شود که بیان‌گر یک پاسخ برای مسأله است. هرکروموزوم درطی مراحل پیاپی نمو می‌کندکه به حاصل آن نسل[3] گفته می‌شود. در هر نسل، کروموزوم‌ها با استفاده از برخی معیارهای برازش اندازه‌گیری می‌گردند. به‌منظور ایجاد نسل بعدی، کروموزوم‌های جدید که فرزند[4] نامیده می‌شوند، توسط اپراتورهای تقاطع و جهش ایجاد می‌گردند. نسل بعد بر پایه‌ی میزان برازندگی[5] کروموزوم‌ها ایجاد می‌شود. پس از چندین نسل، الگوریتم به بهترین پاسخ همگرا می‌گردد (اسماعیلی و همکاران، ۲۰۱۳). در مقاله‌ی حاضر به علت افزایش زمان حل و عدم توانایی روش دقیق با افزایش ابعاد مسأله، از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌گردد.

پارامترهای الگوریتم ژنتیک ارائه شده

کیفیت پاسخ به دست آمده و همچنین سرعت همگرایی در الگوریتم ژنتیک به پارامترهای الگوریتم وابسته است. در الگوریتم پیشنهادی، پارامترهای اندازه‌ی جواب به‌گونه‌ای به دست آمده‌اند تا هم دارای کارایی مناسبی در کیفیت پاسخ و هم زمان حل باشند. اندازه‌ی جمعیت در مرحله‌ی به دست آوردن مقدار حداقل و حداکثر توابع با $Npop_1$ و برای مرحله‌ی نهایی با $Npop_2$ نشان داده شده‌اند و به ترتیب مقادیر ۳۰ و ۱۰۰ برای آن‌ها در نظر گرفته شده‌اند. به

1. Tasi and Chen
2. Chromosome
3. Generation
4. Offspring
5. Fitness value

همین ترتیب، احتمال عملگر تقاطع با Pc_1 و Pc_2 نشان داده می‌شوند و همچنین، برای نرخ جهش با Pm_1 و Pm_2 نمایش داده می‌شوند. جدول(یک)، مقادیر کاندید که برای متغیرهای الگوریتم ژنتیک در نظر گرفته شده‌اند را نمایش می‌دهد.

فاکتورها		$Npop_1$	$Npop_2$	Pc_1	Pc_2	Pm_1	Pm_2
مقادیر	۱	۱۰۰	۲۰	۰,۹	۰,۹	۰,۳	۰,۳
	۲	۱۲۰	۳۹	۰,۸	۰,۸	۰,۲	۰,۲
	۳	۱۳۰	۵۰	۰,۷	۰,۷	۰,۱	۰,۱

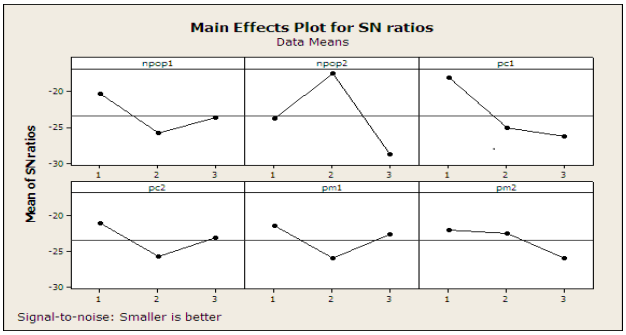
جدول ۱: مقادیر کاندید متغیرهای الگوریتم ژنتیک

تنظیم پارامتر تاگوچی، یکی از روش‌های تنظیم پارامتر است. این روش، روشی جهت تحلیل آزمایش‌ها محسوب می‌گردد که بر مبنای آن می‌توان با تعداد معینی آزمایش، میزان تأثیر عوامل و سطوح بهینه‌ی مطالعات تجربی و آزمایشگاهی را پیش‌بینی نمود. در روش تاگوچی داده‌های تکراری به مقادیری تبدیل می‌گردد که معیاری برای تغییرات در نتایج است. این تبدیل، یک نسبت S/N[1] است. در رابطه‌ی (بیست و نه) قسمت S به مقادیر مطلوب و قسمت N به مقادیر غیر مطلوب اشاره دارد که هدف، ماکزیمم کردن این نسبت است (موری[2]، ۱۹۹۰). آرایه‌ی متعامد مناسب با جدول (یک) آرایه‌ی $L^{27}(36)$ است. با توجه به بی مقیاس سازی داده‌ها فرمول کوچک‌تر- بهتر برگزیده می‌شود، زیرا می‌خواهیم فاصله را نسبت به بهترین جواب، حداقل نماییم. برای هر آزمایش ، پنج تکرار انجام می‌گیرد. با توجه به شکل (دو) می‌توان نتیجه‌گرفت که مقادیر بهینه‌ی پارامترهای الگوریتم ژنتیک، سلول‌های مشخص شده در جدول (دو) می‌باشند.

1.Signal-to-Noise
2. Mori

$$SN= \quad -10\log(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i{}^2) \qquad (29)$$

شکل۲ :مقادیرسطوح مختلف پارامترها درنسبت S/N در الگوریتم ژنتیک ارائه شده



روش‌های رمزنگاری[1]

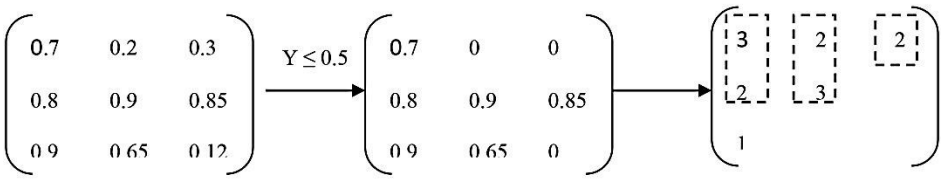
موضوع رمزنگاری کردن از مسائل مهم و گام‌های کلیدی در طراحی الگوریتم ژنتیک به شمار می‌رود. روش‌های رمزنگاری، فرم جایگشت کروموزوم‌ها را تعیین نموده و بر چگونگی عملکرد اپراتورهای تقاطع و جهش نیز تأثیر می‌گذارند (تائو[2]، ۲۰۰۸).

روش رمزنگاری دودویی در سطح Y

برای تعریف کروموزوم Y، ابتدا ماتریسی به ابعاد s^*i برای هر دوره‌ی زمانی با درایه‌های بین صفر و یک به تصادف ایجاد می‌گردد. سپس، درایه‌هایی که کوچکتر از ۰,۵ هستند پیدا شده و برابر صفر قرار داده می‌شوند. در ماتریس حاصل، درایه‌ها در هرستون به صورت نزولی مرتب شده و شماره‌ی درایه‌ها نیز به ترتیب نزولی مرتب می‌گردند. در نهایت، در ماتریس نهایی برای هر یک از ستون‌ها n تای نخست (n برابر حداکثر تعداد تأمین کنندگان منتخب در مدل پیشنهادی است) انتخاب می‌گردند. بدین ترتیب، اگر تعداد درایه‌های هر ستون بیشتر از n باشد، n تای اول و اگر کمتر از این تعداد باشند، همه‌ی آن‌ها انتخاب می‌گردند. بنابراین،

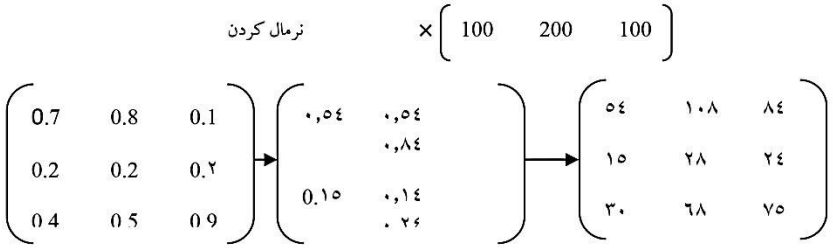
1. Encoding
2. Tao

به الگوریتم اجازه داده می‌شود که بتواند کوچکتر از n و مساوی آن را انتخاب نماید. شکل (سه)، رمز نگاری Y را با فرض n=2 نمایش می‌دهد.



شکل ۳- رمزنگاری در سطح Y

روش رمزنگاری عدد صحیح درسطح X



شکل ۴- رمزنگاری در سطح X

در سطح X برای هر دوره‌ی زمانی، هرکروموزم ماتریسی به ابعاد s^*i است. ابتدا، یک ماتریس با ابعاد s^*i بین صفر و یک به صورت تصادفی تولید می‌گردد. این ماتریس نسبت به بعد S نرمال می‌گردد. سپس، اعداد این ماتریس در D_i متناظر آن ضرب می‌شوند. ماتریس حاصل، ماتریس نهایی ما برای رمزنگاری X است. شکل (چهار)، این روند را نشان می‌دهد.

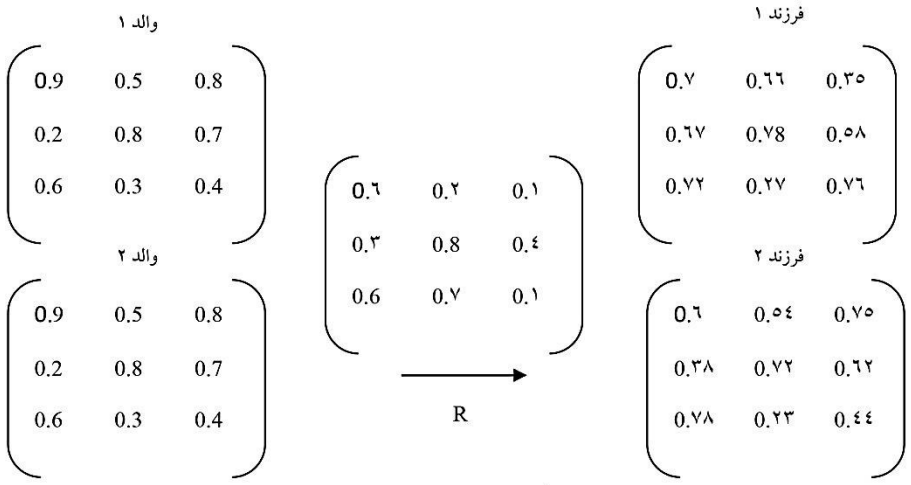
تابع برازش

تابع برازش، معیاری برای راهنمایی الگوریتم ژنتیک درحین جست‌وجو برای رسیدن به پاسخ مناسب محسوب می‌گردد و معمولا به‌طور مستقیم ازتابع هدف مسأله و یا مدل پیشنهادی حاصل می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی، یک تابع برازندگی برای مشخص نمودن مقدار حداقل و حداکثر توابع هدف به صورت انفرادی و همچنین، یک تابع برازش جهت مرحله‌ی نهایی مورد استفاده گرفته است. به‌علاوه، در الگوریتم ارائه شده از چرخ رولت در مکانیزم انتخاب به منظور اختصاص دادن شانس بالاتر برای انتخاب نمودن راه‌حل‌هایی که میزان برازندگی بیشتری دارند، استفاده شده است. روشی که برای توقف الگوریتم پیشنهادی استفاده گردیده است، تعداد نسل‌های معین است که مشخص می‌نماید الگوریتم تا چند نسل پیش رود و سپس متوقف گردد (حداکثر تکرار).

عملگرهای ژنتیک

عملگر تقاطع

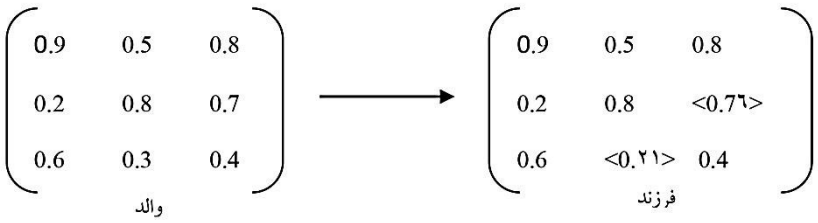
مسئولیت عمده‌ی ایجاد نمودن نسل‌های متوالی در الگوریتم ژنتیک بر عهده‌ی عملگر تقاطع قرار دارد. این عملگر در یک زمان مشابه بر روی دو کروموزم در هر نسل به کار می‌رود و با ترکیب ویژگی‌های هر دو کروموزوم والد، فرزند جدیدی تولید می‌گردد. در الگوریتم پیشنهادی به دلیل این‌که عملیات رمزنگاری به‌صورت پیوسته انجام شده است، عملگرهایی که بر روی آن‌ها انجام می‌شود نیز می‌بایست پیوسته باشد. در عملگر تقاطع پیوسته یک ماتریس (فرض کنید R) با اعداد بین صفر و یک به‌طور تصادفی به ابعاد ماتریس کروموزوم ایجاد شده و فرزندان تولید می‌گردند. برای تولید فرزند اول، عدد تصادفی متناظر هر ژن در والد اول ضرب شده، سپس تفاضل (1-R) در ژن متناظر والد دوم ضرب شده و در نهایت، این دو مقدار با یکدیگر جمع می‌شوند. برای فرزند دوم، این عملیات برای والد اول و دوم معکوس می‌گردد. شکل (پنج)، این عملگر را نشان می‌دهد.



شکل ۵- تقاطع پیوسته

عملگر جهش

عملگر جهش جهت تغییر دادن ساختار چیدمان ژن‌ها و تغییر کوچکی در یک نقطه از خصوصیات در کروموزم ایجاد می‌گردد. در الگوریتم پیشنهادی، به علت پیوسته بودن عملیات رمزنگاری از جهش پیوسته استفاده شده است. به این ترتیب که یک درایه به تصادف انتخاب و یک مقدار تصادفی به آن اضافه و یا از آن کم می‌شود. در شکل‌های (شش) این عملگرها نمایش داده شده‌اند.



شکل 6- جهش جابه جایی

حل مثال عددی ارائه شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک

به منظور نشان دادن کاربرد الگوریتم ژنتیک ارائه شده در حل مدل پیشهادی، یک مثال عددی با چهار تأمین‌کننده، سه نوع قلم کالا در دو دوره‌ی زمانی با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل می‌گردد. مثال عددی طبق گام‌های ذکر شده و با استفاده از نرم افزارهای لینگو ۱۱ و متلب[1] ۲۰۱۲ بر روی یک PC با ریز پردازنده‌ی ۲,۵ GHz و Corei5 حل شده است. جداول (سه) و (چهار) نتایج به دست آمده را نشان می‌دهند. مقایسه‌ی پاسخ‌های دریافتی از لینگو و نتایج الگوریتم ژنتیک، می‌تواند برای تخمین میزان نزدیکی پاسخ به‌دست آمده از الگوریتم ژنتیک به جواب بهینه مفید باشد. برای تجزیه و تحلیل این دو روش، میزان انحراف با Deviation٪ نمایش داده شده و جهت محاسبه‌ی مقدار آن از فرمول شماره‌ی (۳۰) استفاده می گردد.

(30)

$$\%\text{Deviation} = \left|\frac{\text{Obj}_{\text{GA}} - \text{Obj}_{\text{LINGO}}}{\text{Obj}_{\text{LINGO}}}\right| \times 100$$

جدول ۳- مقادیر به دست آمده برای Z_j

	Obj_{LINGO}	Obj_{GA}	%Deviation
Z_1	۴۳۴۵۰,۹۶	۴۳۴۱۲	۰,۰۸۹
Z_2	۸۰۳۴۰,۸۸	۸۰۳۹۸,۴	۰,۰۷۱
Z_3	۳۹۷۴,۳۸	۳۹۷۸,۷	۰,۱۰۹
CPU(S)	۸۰۱	۱۵۱۰,۹	

1. Matlab

جدول ۴- سطح دستیابی اهداف و محدودیت‌های فازی

	مقادیر توابع عضویت
Z_1	۰,۸۷۹
Z_2	۰,۹۰۷
Z_3	۱
D	۰,۵
R	۱
LD	۱

نتایج به دست آمده در جداول (سه) و (چهار) حاکی از آن است که الگوریتم ارائه شده ازکارایی قابل قبولی درکیفیت پاسخ برخورداراست. همچنین، جدول (پنج) توابع عضویت به دست آمده را به ازای توابع هدف و محدودیت‌های فازی نمایش می‌دهد.

اعتبارسنجی الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

به منظور ارزیابی نمودن کیفیت پاسخ‌های به دست آمده به وسیله‌ی الگوریتم ژنتیک پیشنهادی، مسائل با اندازه‌های مختلف با استفاده از لینگو و الگوریتم ژنتیک حل شده و میزان انحراف هریک (D%) محاسبه شده است. نتایج حاصل در جدول (پنج) برای سه تابع هدف مدل ارائه شده نمایش داده شده است. همچنین، به منظور ارزیابی کیفیت الگوریتم از لحاظ زمان حل، جدول (شش) زمان حل مسائل با اندازه‌های مختلف را با واحد ثانیه نمایش می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می گردد، با افزایش ابعاد مسأله، زمان حل در لینگو به صورت نمایی افزایش می‌یابد، در حالی که الگوریتم ژنتیک قادر به حل مسائل در زمان قابل قبول است.

		Z_1			Z_2			Z_3		
شماره مسأله	s*t*i	Obj_{LINGO}	Obj_{GA}	%D	Obj_{LINGO}	Obj_{GA}	%D	Obj_{LINGO}	Obj_{GA}	%D
۱	۲*۲*۲	5181.6	5176.3	0.102	10302	10329.5	0.267	659.9547	661.1	0.173
۲	۳*۲*۲	2299.2	2284	0.66	6196	6207.9	0.192	288	289.5	0.521
۳	۳*۳*۲	8259.77	8250.1	0.117	20337	20386.3	0.24	1057.1	1064.3	0.68
۴	۳*۴*۲	48160.8	48132.3	0.06	3449.42	3468.1	0.55	2370.6	2382.4	0.497
۵	۳*۳*۳	38319.58	38284.2	0.092	4147.666	4171.6	0.57	224.3125	225.4	0.485
۶	۴*۲*۴	34450.96	34412	0.11	80340.88	80398.4	0.071	3974.38	3978.7	0.109
۷	۳*۴*۳	38398.42	38367	0.128	76263.22	76391.6	0.168	4176.758	4207	0.724
۸	۴*۵*۲	32678.1	32622.6	0.0819	73702.65	73816	0.154	3658.445	3681.3	0.625
۹	۳*۵*۳	38378.92	38313.3	0.17	75051.63	75403.8	0.469	4185.596	4221	0.846
۱۰	۴*۴*۳	35238.2	35143.7	0.171	87962	87031	1.06	3993	4029.7	0.919
۱۱	۵*۵*۲	39951	39884.5	0.268	80436.45	80937.4	0.622	4512.62	4581.4	1.52
۱۲	۴*۵*۳	*51274	51176.6	0.166	10058.5*	10142	0.83	5178.2*	5172	0.12
۱۳	۵*۵*۳	*45085.2	44692	0.19	122927*	122900.4	0.022	4791*	4787.7	0.069
۱۴	۴*۷*۳	*4349	4348	0.87	104532.7*	104587	0.052	3894.5*	3911.3	0.431
۱۵	۵*۶*۳	*46231.2	46242.5	0.023	124681*	124906.7	0.181	5157*	5133.8	0.449

جدول ۶- مقایسه میان زمان حل LINGO و GA

شماره مسأله	s*t*i	CPU_{LINGO} time (S)	CPU_{GA} time (S)
۱	۲*۲*۲	5	13.24
۲	۳*۲*۲	17	19.3
۳	۳*۳*۲	35.2	25.8
۴	۳*۴*۲	126.04	23.4
۵	۳*۳*۳	211.8	61
۶	۴*۲*۴	846.1	143.4
۷	۳*۴*۳	1251.3	190
۸	۴*۵*۲	2433	264.8
۹	۳*۵*۳	3851.4	314.5
۱۰	۴*۴*۳	7689.5	317
۱۱	۵*۵*۲	15761	412.1
۱۲	۴*۵*۳	>28800	1613.58
۱۳	۵*۵*۳	>28800	1809
۱۴	۴*۷*۳	>28800	2087
۱۵	۵*۶*۳	>28800	2176.32

* به جواب دقیق نرسیده‌اند

در مورد مسائل دوازده تا پانزده نیز، لینگو پس از زمان‌های پردازش درج شده در جدول (شش) به جواب نهایی نرسیده است. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیک قادر است تا مسائل با سایزهای بزرگ را در زمان قابل قبولی نسبت به لینگو حل نماید.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مسأله‌ی انتخاب تأمین کنندگان با استفاده از معیارهای زنجیره تأمین ناب-چابک موردبررسی قرار گرفته است. از مهم‌ترین فاکتورهای این نوع زنجیره تأمین، دست‌یابی به هزینه‌ی مطلوب، پاسخگویی به تقاضاهای غیر قابل پیش‌بینی و متغیر موجود در بازار در زمان مناسب با کمترین تأخیر و کیفیت مطلوب است. بنابراین، انتخاب نمودن تأمین کنندگان بهینه برای دست‌یابی به اهداف زنجیره تأمین ناب-چابک، مسأله‌ای مهم تلقی می‌گردد. بر اساس دانش فعلی ما، این اولین تحقیق در ادبیات می‌باشد که ویژگی‌های این نوع زنجیره تأمین را در فرآیند انتخاب تأمین کنندگان در نظر می‌گیرد. در حقیقت، این پژوهش، توسعه‌ی تحقیق یو و همکاران در سال ۲۰۱۲ است که در تحقیق مذکور، تنها ویژگی‌های زنجیره تأمین ناب برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده است. با توجه به این موضوع که در دنیای واقعی و در رابطه با مسأله‌ی انتخاب تأمین کننده، اطلاعات به‌صورت مبهم و فازی هستند، مدل مذکور به صورت فازی ارائه می‌گردد. همچنین، به علت این‌که در این نوع زنجیره تأمین، تقاضا غیردقیق و مبهم است، محدودیت‌های مرتبط با این پارامتر نیز به صورت فازی در نظر گرفته می‌شوند. برای حل مدل مذکور از روش مجموع وزن داده شده استفاده می‌گردد که برای نخستین‌بار در سال ۲۰۰۶ توسط عمید و همکاران در ارتباط با مسأله‌ی انتخاب تأمین‌کننده با به کارگیری یک مدل چند هدفه‌ی فازی استفاده شده است. به علت افزایش زمان حل در مسائل با مقیاس بالا و عدم توانایی لینگو در رسیدن به جواب بهینه، از الگوریتم ژنتیک برای حل مدل طبق روش مجموع وزن داده شده، بهره گرفته شده است. پس از حل مثال‌های عددی مشاهده می‌شود که نرم‌افزار لینگو پس از صرف زمان طولانی‌تری نسبت به الگوریتم ژنتیک به جواب بهینه دست می‌یابد و حتی برای برخی از مسائل پس از صرف زمانی طولانی به جواب بهینه نرسیده است. این در حالی است که الگوریتم ژنتیک ارائه شده در مدت زمان کوتاه‌تری به جواب مطلوب دست یافته است. نتایج نشان می‌دهد که

الگوریتم ارائه شده به خوبی با الگوریتم‌های دقیق چه ازلحاظ زمان حل وچه از لحاظ کیفیت پاسخ رقابت می‌نماید.

چنان‌چه پس از اجرای مدل، میزان دست‌یابی به هریک از اهداف برای تصمیم‌گیرنده مطلوب نباشد، می‌توان با یک محدودیت جدید و در نظر گرفتن یک میزان حداقل برای تابع عضویت هدف مورد نظر، میزان دست‌یابی به هدف را بهبود بخشید. همچنین، با توجه به این‌که تعداد تأمین‌کنندگان منتخب وابسته به استراتژی‌های سازمان می‌باشد و بر روی جواب‌های نهایی به‌شدت مؤثر است، می‌توان این پارامتر طبق سیاست‌های تصمیم‌گیرنده را تغییر داد و یا در صورت عدم محدودیت برای تعداد تأمین‌کنندگان می‌توان این محدودیت را حذف نمود یا مقدار پارامتر آن‌را برابر با تعداد تأمین‌کنندگان مورد ارزیابی قرار داد.

موارد مطالعاتی آتی که می‌توان در ادامه‌ی این پژوهش به آن‌ها پرداخت، به‌صورت زیر است:

با توجه به این‌که در عمل بسیاری از پارامترهای دیگر همچون ظرفیت تأمین‌کنندگان به صورت دقیق قابل تعیین نمی‌باشند، در نظر گرفتن آن‌ها به صورت فازی می‌تواند نتایج بدست آمده را به واقعیت نزدیک‌تر نماید. همچنین، نگه‌داری موجودی در زنجیره تأمین ناب، نوعی اتلاف محسوب شده و می‌بایست حذف گردد. از سوی دیگر، در زنجیره تأمین چابک برای پاسخگویی به تقاضاهای پیش‌بینی نشده، نگه‌داری سطحی از موجودی ضروری است. بنابراین، بررسی نقش موجودی در زنجیره تأمین ناب- چابک و همچنین در فرآیند انتخاب تأمین‌کننده‌ی این نوع زنجیره تأمین می‌تواند موضوع مفیدی برای تحقیقات آتی محسوب گردد.

منابع

جعفر نژاد احمد، شهایی بهنام، *مقدمه‌ای بر چابکی سازمانی و تولید چابک*، مهربان نشر، تهران، (۱۳۸۶)، چاپ اول.

Abdollahi M., Razmi J., Arvan M., *An integrated approach for Supplier Portfolio Selection: Lean or Agile?,* Expert Systems with Applications, (2014), doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2014.08.019

Amid A., Ghodsypour S.H., O'Brien C., *Fuzzy multi objective linear model for supplier selection in a supply chain*, International Journal of Production Economics Vol. 104, (2006), PP. 394–407.

Banomyong R., Veerakachen V., Supatn N., *Implementing leagility in reverse logistics channels,* International Journal of Logistics, Vol. 11, (2008), PP. 31–47.

Bruce M., Daly L., Towers N., Lean or agile: *A solution for supply chain management in the textile and clothing industry,* International journal of operations and production management, Vol. 24, (2004), PP. 151-170.

Esfandiari N., Seifbarghy M., *Modeling a stochastic multi-objective supplier quota allocation problem with price-dependent ordering,* Applied Mathematical Modelling, Vol. 37, (2013), PP. 5790–5800.

Esmaeili Aliabadi D., Kaazemi A., *Pourghannad B., A two-level GA to solve an integrated multi-item supplier selection model*, Applied Mathematics and Computation, Vol. 219, (2013), PP. 7600–7615.

Goldsby T.J., Griffis, S.E., Roath, A.S., *Modeling lean, agile, and leagile supply chain strategies,* Journal of Business Logistics, Vol. 27, (2006), PP. 57–79.

Huang Y.Y., Li S.J., *How to achieve leagility: A case study of a personal computer original equipment manufacturer in Taiwan*, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 29, (2010), PP. 63-70.

Kisperska D., Hann, J.D., *Improving supply chain performance to satisfy final customers: Leagile experience of a polish distributer,* International Journal of Operations Economics, Vol. 118, (2010), PP. 211-223.

Krishnamurthy R. Yauch C.A., *Leagile manufacturing: a proposed corporate infrastructure,* International Journal of Operations and Production Management, VOL. 27, (2007), PP 588-604.

Lee J., Cho H., Kim Y.S., *Assessing Business Impacts of Agility Criterion and Order Allocation Strategy in Multi-Criteria Supplier Selection*, Expert Systems with Applications, (2014), http://dx.doi.org/10.1016/ j.eswa. 2014.08.041

Mori T., *Taguchis Approach to Quality Engineering*, first ed., ASI Press, USA, (1990).

Naylor B., Naim M, Berry D., Leagility: *Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain,* Production Economics, Vol. 62, (1999), PP. 107-118.

Naim M.M., Gosling J., On leanness, agility and leagile supply chains, *International Journal Production Economics,* Vol. 131, (2011), PP. 342–354.

Rajesh G., Malliga P., *Supplier Selection Based on AHP QFD Methodology,* International Conference On Design and manufacturing, Vol. 64, (2013), PP. 1283-1292.

Seifbarghy M., Esfandiari N., *Modeling and solving a multi-objective supplier quota allocation problem considering transaction costs,* J. Intell. Manuf., Vol. 24, (2011), PP. 201–209.

Tao Z., *TSP Problem solution based on improved Genetic Algorithm,* International Conference on Natural Computation, (2008), PP. 686-690.

Yu M..C., Goh M., Lin H..C., *Fuzzy multi-objective vendor selection under lean procurement,* European Journal of Operational Research, Vol. 219, (2012), PP. 305–311.

Zhang Y., Wang Y., Wu L*., Research on Demand-driven Leagile Supply Chain OperationModel,* Systems Engineering Procardia, Vol. 3, (2012), PP. 249 – 258.

Zhang J., Zhang M., *Supplier selection and purchase problem with fixed cost and constrained order quantities under stochastic demand,* Production Economics, Vol. 129, (2011), PP. 1-7.