مدل‌سازي مسئله چندهدفه انتخاب تأمين‌كننده با در نظرگرفتن همزمان منافع خريدار و تأمين‌كنندگان

رضا جاذمي[۱]، جعفر قيدر خلجاني[۲] و سيدحسن قدسي‌پور*[۳]
[۱] دانش‌آموخته كارشناسي ارشد دانشكده مهندسي صنايع- دانشگاه صنعتي اميركبير
[۲] عضو هيئت علمی دانشكده مديريت و فناوري‌هاي نرم- دانشگاه صنعتي مالك اشتر
[۳] استاد دانشكده مهندسي صنايع- دانشگاه صنعتي اميركبير

(تاريخ دريافت ۸۸/۱۰/۳۰ ، تاريخ دريافت روايت اصلاح شده ۸۹/۲/۲۹ ، تاريخ تصويب۸۹/۷/۲۱)

چكيده

امروزه توجه به منافع تأمين‌كنندگان در استراتژي‌هاي مديريت زنجيره تأمين، يكي از عوامل كليدي موفقيت براي ارتباط بلندمدت و راهبردي با تأمين‌كنندگان است. بدين سبب محققان، مدل‌هاي هماهنگي زنجيره تأمين را در پاسخ به اين نياز توسعه داده و راهبرد برنده-برنده را به عنوان يكي از اهداف اين نوع مدل‌ها مطرح كرده‌اند. با تعميم اين راهبرد به يک مسئله انتخاب تأمين‌كننده، تغيير نگرشي صورت خواهد گرفت كه در آن توليدكنندگان (خريداران) به جاي اينكه فقط به افزايش سود خود توجه داشته باشند، منافع تأمين‌كنندگان را نيز مد نظر قرار مي‌دهند. در اين مقاله براي ايجاد هماهنگي بين خريدار و تأمين‌كنندگان در يک مسئله انتخاب تأمين‌كننده، يك مدل چندهدفه با سه هدف از جنس هزينه، كيفيت و تحويل به موقع پيشنهاد شده است. "حداكثركردن تعداد محصولات سالم دريافت شده" به عنوان هدف كيفيت و "حداقل‌كردن تعداد تأخيرات" به عنوان هدف تحويل به موقع در نظر گرفته شده است. هزينه زنجيره تأمين در برگيرنده هزينه‌هاي خريدار و تأمين‌كنندگان است و در آن هزينه سفارش‌دهي، خريد، نگهداري موجودي، جبران تأخيرات و جبران خرابي‌ها مورد توجه قرار گرفته است. مدل ارائه‌شده، يك مدل برنامه‌ريزي غيرخطي عدد صحيح آميخته است كه براي به دست آوردن مجموعه جواب‌هاي مؤثر آن، يک روش ابتكاري توسعه داده شده است. نتايج حل مدل نشان مي‌دهد كه در يک مسئله انتخاب تأمين‌كننده، استفاده از مدل هماهنگي بين خريدار و تأمين‌كننده نسبت به حالتي كه از اين مدل استفاده نمي‌شود، منافع بيشتري را عايد زنجيره تأمين مي‌كند.

واژه‌هاي كليدي: انتخاب تأمين‌كننده، خريدار، هماهنگي در زنجيره تأمين، مدل‌سازي چندهدفه

مقدمه

مسئله انتخاب تأمين‌كننده[۱] مسئله جديدي نيست و تحقيقات بسيار زيادي درباره مباحث مفهومي و مدل‌سازي اين نوع مسائل وجود دارد. در واقع پيش از ايجاد فلسفه مديريت زنجيره تأمين، مقالات متعددي را مي‌توان با عنوان انتخاب فروشنده[۲] يافت.

اولين تحقيقات مرتبط با مسئله انتخاب تأمين‌كننده را مي‌توان در سال‌هاي قبل از ۱۹۵۰ و در زماني كه كاربرد برنامه‌ريزي خطي و محاسبات عددي در ابتداي كار خود بودند، ديد. اولين مدل انتخاب تأمين‌كننده توسط NBS [۳] در آمريكا استفاده شده است و هدف اصلي آن حداقل‌كردن هزينه براي بستن قراردادهاي خريد در صنايع دفاعي آمريكا (DOD)[۴] بوده است. البته بايد اشاره كرد كه اغلب تحقيقات مروري انجام‌شده در زمينه انتخاب تأمين‌كننده اواسط دهه ۶۰ ميلادي را به عنوان دوره افزايش توجه به موضوع انتخاب تأمين‌كننده مطرح كرده‌اند[۱].

براي تفكيک موضوعي مسائل انتخاب تأمين‌كننده، شاخص‌هاي مختلفي در مقاله‌ها از جمله[۱] و [۲] ارائه شده است. در يک جمع‌بندي كلي، محتواي مسائل انتخاب تأمين‌كننده در شش دسته قابل تعريف است. براي سهولت در ارجاع به اين دسته‌بندي، براي هر يک از آن‌ها علائم اختصاري خاص پيشنهاد شده است.

- تعداد و نوع اهداف /معيارهاي انتخاب (يک يا چند هدفه بودن SO/MO)؛
- بازه زماني مورد بحث (يک‌دوره‌اي يا چنددوره‌اي SP/MP)؛
- تعداد انواع قطعات/مواد اوليه برای برون‌سپاري/تأمين (يک يا چند قطعه SI/MI)؛

* نويسنده مسئول : تلفن : ۶۶۴۱۳۰۳۴ , فاكس : ۶۶۴۱۳۰۲۵ Email:ghodsypo@aut.ac.ir

- وجود استراتژي تخفيف/پرداخت تأخيري (WOD/WD)؛
- قطعيت يا نبود قطعيت متغيرها و عوامل (Det/Prb)؛
- سيستم انتخاب تک‌منبعي/چندمنبعي (انتخاب يک تأمين‌کننده يا چند تا از آن‌ها SS/MS).

در مسائل انتخاب تأمين‌کننده اغلب موضوع ايجاد روابط متقابل به صورت برنده- برنده بين خريدار و تأمين‌کننده در نظر گرفته نمي‌شود. به عبارت ديگر در اين نوع مسائل، هدف اصلي دستيابي به حداکثر سود يا حداقل هزينه توسط خريدار است. واضح است که حداکثرشدن سود يا حداقل‌شدن هزينه خريدار، نمي‌تواند ضامن دستيابي به حداکثر مطلوبيت توسط تأمين‌کنندگان باشد. حتي گاهي اوقات حداکثر مطلوبيت خريدار مساوي است با از دست رفتن منافع تأمين‌کنندگان. براي غلبه بر اين مشکل، موضوع هماهنگي در زنجيره تأمين به عنوان يك راهکار مطرح مي‌شود.

هماهنگي در زنجيره تأمين، اولين بار توسط گويال در سال ۱۹۷۶ مطرح شد[۳]. اين مسئله در سال ۲۰۰۸ توسط تاپتال و ستينکايا[۴] مورد بررسي قرار گرفت. آن‌ها بازه قابل تغيير برای بهبود هزينه‌ها و مشکلاتي را که ممکن است در برنامه‌ريزي هماهنگ به وجود آيد، مورد بحث و بررسي قرار دادند. مدل گويال همچنين با مدل سال ۲۰۰۳ تاپتال و همکارانش در [۵] مقايسه شده و با در نظر گرفتن مسئله حمل و نقل، نشان داده شده است که نرخ بهبود در اهداف نسبت به تحقيق گويال بهتر بوده و بازه قابل تغيير برای بهبود بزرگ‌تر است.

در مرجع[۶] مطالعه جامعي روي مسائل قطعي JELP[5] انجام شده است. در تحقيقات اوليه اين نوع مسائل، تعيين نرخ توليد فروشنده و سياست حمل بين دو عنصر، بيشتر مورد توجه بوده، اما در سال‌هاي اخير سرمايه‌گذاري براي کاهش هزينه آماده‌سازي، در نظر گرفتن هزينه توليد متغير، موضوعات کيفي و کنترل فرايندي، تقاضاهاي غيرقطعي، هزينه‌هاي حمل و نقل و ظرفيت، توسعه تعداد موجوديت‌ها در سطوح (يک به چند) و در نظر گرفتن موعد تحويل به مسائل JELP اضافه شده است.

در بررسي و طبقه‌بندي مسائل مطرح در حوزه هماهنگ‌سازي زنجيره تأمين در[۷] نيز بحث هماهنگي ميان خريدار و تأمين‌کنندگان به عنوان يک بحث کليدي در هماهنگي برنامه‌هاي عملياتي مورد توجه قرار گرفته است و [۸] نيز بر لزوم مديريت يکپارچه در حوزه خريد، تأمين و لجستيک تأکيد دارد.

جدول (۱) خصوصيات تعدادي از تحقيقات مهم سال‌هاي اخير در حوزه انتخاب تأمين‌کننده را نمايش مي‌دهد. لازم به ذکر است که فقط در مراجع[۹]، [۱۰] و [۱۱] برنامه‌ريزي هماهنگ مطرح شده است.

لئونگ و همکاران [۱۲] در مقاله‌اي، هماهنگي در زنجيره تأمين در دو حالت متمرکز و غيرمتمرکز را بررسي کرده‌اند.

در تحقيقي که قيدر خلجاني و همکاران[۹] انجام داده‌اند، حداقل‌کردن هزينه کل زنجيره تأمين به عنوان هدف در نظر گرفته شده است. اين زنجيره شامل يک خريدار و چند تأمين‌کننده بالقوه است و هدف مسئله، انتخاب از ميان تأمين‌کنندگان بالقوه و تعيين مقدار سفارش به هر يك از آن‌ها است. اين تحقيق نشان مي‌دهد که حداقل‌کردن هزينه کل زنجيره تأمين در يک زنجيره تأمين هماهنگ (شامل هزينه خريدار و هزينه تأمين‌کنندگان) منجر به دستيابي به نتايج بهتري نسبت به حالت حداقل‌کردن منفرد هزينه‌ها خواهد شد.

جعفرنژاد و همکاران [۲۰] يک روش تصميم‌گيري فازي براي انتخاب تأمين‌کننده مناسب در حالت تک منبعي ارائه دادند. معيارها به صورت اعداد فازي مثلثي ارايه شده و از روش TOPSIS براي حل مدل استفاده شده است.

رزمي و همکاران [۲۱] با ترکيب روش فرايند سلسله مراتبي و برنامه‌ريزي آرماني، يک روش چند معياره براي انتخاب تأمين‌کننده و تخصيص ميزان خريد به هر يک از آن‌ها ارائه دادند. ابتدا با روش فرايند تحليل سلسله مراتبي، پيش‌ارزيابي اوليه درباره تأمين‌کنندگان انجام مي‌گيرد. در مقاله‌اي ديگر رزمي و همکاران [۱۳] روش فرايند سلسله مراتبي را با ترکيب برنامه‌ريزي عدد صحيح استفاده کرده‌اند.

محبعلي‌زاده و فائز [۲۲] يک مدل چندهدفه همراه با استفاده از تحليل پوششي داده‌هاي چند معياره ارائه دادند. آن‌ها ابتدا جواب‌هاي مؤثر يک مسئله چندهدفه انتخاب تأمين‌کننده را به دست آوردند، سپس با استفاده از روش تحليل پوششي داده‌ها و در نظر گرفتن جواب‌هاي

مؤثر به عنوان نهاده‌هاي ورودي، روشي را براي انتخاب تأمين‌كنندگان مناسب ارائه دادند.

رزمي و همكاران [۲۳] در مقاله خود با استفاده از روش فرايند تحليل سلسله مراتبي، ماتريس‌هاي قضاوت فازي ايجاد كرده‌اند. براي به دست آوردن مقادير ويژه ماتريس از يک مدل بهينه‌سازي غيرخطي استفاده كرده‌اند.

چيني‌فروشان و همكاران [۲۴] با تركيب برنامه‌ريزي بازه‌اي و برنامه‌ريزي سازشي، روشي را با نام برنامه‌ريزي بازه‌اي سازشي براي انتخاب تأمين‌كننده مناسب ارائه دادند. مدل آن‌ها يک مسئله چندهدفه است كه حداقل‌كردن برگشتي‌ها از تأمين‌كنندگان و هزينه و نيز حداكثركردن كيفيت به عنوان اهداف اين مسئله در نظر گرفته شده‌اند.

سارما و همكاران[۱۰] در مقاله خود هماهنگي بين يک توليدكننده و چند خريدار را با يك تابع هدف به صورت حداقل‌كردن هزينه مورد توجه قرار داده‌اند. ويژگي اين مدل در اين است كه قابليت تحويل محصول با تأخير، مورد قبول قرار گرفته است. در مدل يادشده دو حالت براي مسئله در نظر گرفته شده است: در حالت اول، توليدكننده قدرت چانه‌زني بيشتري دارد و در نتيجه بسته‌هاي توليدي بزرگ‌تري را تحويل خريدار مي‌دهد كه بيشتر از نياز خريدار است. توليدكننده، توليدات خود را براي گروهي از خريداران با دوره سفارش يكسان مي‌فرستد. هزينه حمل و نقل بر عهده توليدكننده است و بر هزينه‌هاي توليد افزوده مي‌شود. در اين حالت، روش تحويل با تأخير، به خريداران پيشنهاد مي‌شود تا بتوان دوره سفارش همه خريداران را با هم يكسان كرد. در حالت دوم، قدرت چانه‌زني خريداران (با دوره سفارش همانند) بيشتر است و برنامه‌ريزي حمل و نقل و هزينه آن بر عهده خريدار خواهد بود. در هر دو حالت هدف نهايي دستيابي به حداقل هزينه در كل زنجيره است. از اين مدل مي‌توان براي يافتن بازه قابل قبول تأخير در تحويل‌ها نيز استفاده كرد.

مقدم [۲۵] مسئله برنامه‌ريزي انتخاب تأمين‌كننده را براي يک قطعه به صورت چندهدفه و در شرايط فازي مورد بررسي قرار داده است، اما بحث هماهنگي در دو سطح از زنجيره مورد توجه قرار نگرفته است.

در كار مشابهي در سال ۲۰۰۷، عميد و همكاران[۱۴] مسئله انتخاب تأمين‌كننده را با در نظر گرفتن استراتژي تخفيف توسعه دادند.

مرور جامعي بر استفاده از روش‌هاي چند معياره در انتخاب و ارزيابي تأمين‌كنندگان توسط هو و همكاران [۱۵] انجام شده است.

از بررسي مقالات و تحقيقات انجام‌شده در اين حوزه، مي‌توان دريافت كه توسعه مدل‌هاي انتخاب تأمين‌كننده در سه حوزه قابل اجرا است:

۱. مدل‌سازي هماهنگ ميان خريدار و تأمين‌كنندگان؛

۲. توسعه مدل‌هاي چندهدفه و چندمحصوله به طور همزمان؛

۳. اعمال شرايط غيرقطعي در مسئله انتخاب تأمين‌كننده.

با در نظر گرفتن اين تحقيقات، در اين مقاله به ارائه مدل جديدي در حوزه انتخاب تأمين‌كننده پرداخته مي‌شود. از خصوصيات اين مدل، در نظر گرفتن منافع همزمان ميان يک خريدار و چند تأمين‌كننده است. در واقع موضوع هماهنگي در زنجيره تأمين با در نظر گرفتن سه هدف مشترک ميان خريدار و تأمين‌كننده در مدل، مدنظر قرار مي‌گيرد. در اين مسئله، مشتري نهايي مقدار مشخصي از نياز خود را به عنوان تقاضا مطرح مي‌كند. زنجيره خريدار و تأمين‌كنندگان قصد دارد با در نظر گرفتن سه هدف كيفيت، تحويل به‌موقع و هزينه براي كل زنجيره، تقاضاي مشتري را برآورده كند. در واقع با توجه به محدوديت‌هاي مسئله، تصميم‌گيري مي‌شود كه براي تأمين تقاضاي مشتري از چه تأمين‌كنندگاني و چه مقدار، خريداري شود تا تعداد محصولات تحويلي سالم (مبين هدف كيفيت) به مشتري نهايي با حجم تأخيرات محصول نهايي (مبين هدف تحويل به‌موقع) و هزينه كل زنجيره (مبين هدف هزينه) در توازن بهينه‌اي باشد.

موضوع جديد ديگر كه در اين مقاله مطرح شده است، ارائه روش حلي ابتكاري است. با توجه به شرايط تعريف‌شده در مدل، روشي ابتكاري ارائه شده است كه در زماني بسيار كمتر به جوابي نزديک به بهينه مي‌رسد.

تعريف مسئله و مدل‌سازي

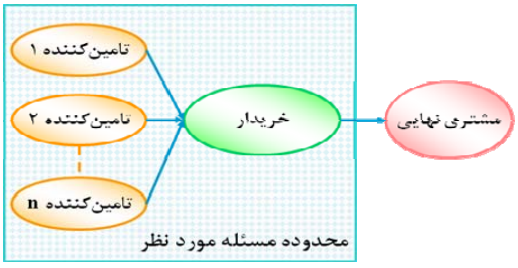
همان طور كه اشاره شد، در مدل تعريف‌شده، يک خريدار در نظر دارد تا براي تهيه محصول مورد نظر مشتري نهايي، قطعه‌اي را از تأمين‌كنندگان بالقوه تأمين

کند؛ به گونه‌اي که در اين تصميم‌گيري اهداف هزينه، کيفيت و تحويل به موقع براي هر دو عامل خريدار و تأمين‌کنندگان به طور همزمان در سطح مطلوبي از انتظارات برآورده شود.

مشخصات مدل به شرح زير خواهد بود:

- هدف اصلي، برنامه‌ريزي براي تأمين همزمان منافع خريدار و فروشندگان است.
- سه هدف مشترک هزينه، کيفيت و تحويل به موقع ميان خريدار و تأمين‌کنندگان تعريف شده است.
- مدل‌سازي مسئله براي بازه زماني يک سال (چنددوره) خواهد بود.
- مسئله با فرض نبود استراتژي تخفيف، مدل‌سازي خواهد شد.
- همه متغيرها و عوامل مسئله قطعي هستند.
- در تأمين قطعات، تعداد تأمين‌کنندگان مهم نيست.
- تقاضاي سالانه مشتري نهايي ثابت است.
- دوره سفارش به همه تأمين‌کنندگان يکسان است.
- همه تأمين‌کنندگان ظرفيت محدودي دارند.
- محصول نهايي بدون تأخير به مشتري تحويل و تأخيرات با صرف هزينه اضافه از سوي خريدار جبران مي‌شود.
- خريدار، سفارشات را دريافت و پس از تعيين خرابي‌ها، آن‌ها را با هزينه تأمين‌کننده اصلاح و تعمير مي‌کند.
- سفارشات به صورت ترتيبي دريافت مي‌شود. بدين معني که همواره بعد از دريافت سفارش و مصرف کامل آن، سفارش بعدي دريافت مي‌شود.

محدوده مسئله مورد بررسي در شکل۱(۱) نمايش داده شده است.



شکل۱: محدوده مسئله.

در ادامه با تعريف متغيرها و عوامل مورد استفاده، مدل‌سازي مسئله ارائه خواهد شد.

پارامترها:

D: تقاضاي سالانه محصول نهايي؛

n: تعداد تأمين‌کنندگان ($i=1,2,..,n$)؛

l_i: درصد تحويل سفارشات با تأخير از تأمين‌کننده iام؛

α_i: درصد تحويل کالاي سالم از تأمين‌کننده iام؛

C_i: قيمت خريد از تأمين‌کننده iام؛

A_i: هزينه ثابت سفارش‌دهي به تأمين‌کننده iام؛

r: نرخ هزينه سالانه نگهداري موجودي؛

z_i: هزينه توليد/تأمين هر واحد قطعه اوليه توسط تأمين‌کننده iام؛

S_i: هزينه ثابت آماده‌سازي تأمين‌کننده iام؛

G_i: ظرفيت سالانه تأمين‌کننده iام؛

E: هزينه تحميلي به تأمين‌کننده براي جبران تأخير هر واحد کالا؛

F: هزينه تحميلي به خريدار براي جبران تأخير هر واحد کالا؛

K: هزينه تعمير هر واحد از قطعات تحويلي خراب به خريدار که توسط تأمين‌کننده پرداخت مي‌شود.

متغيرها:

T: دوره سفارش (بر حسب سال)؛

Q: مجموع مقدار سفارش به تأمين‌کنندگان در هر دوره؛

Q_i: تقاضاي برآورده شده توسط تأمين‌کننده iام در هر دوره (Q=DT و $\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q$)؛

x_i: مقدار تقاضايي که سالانه توسط تأمين‌کننده iام تأمين مي‌شود ($x_i = \frac{1}{T} Q_i$ ، $\sum_{i=1}^{n} x_i = D$) و ($0 \le x_i \le D$)؛

Y_i: متغير باينري که در صورت انتخاب تأمين‌کننده iام برابر يک و در غير اين صورت برابر صفر است.

بر اساس تعاريف انجام‌شده، مسئله هماهنگ چندهدفه مد نظر اين تحقيق، به صورت زير به دست مي‌آيد. که در آن Z_1 نشان‌دهنده هدف کيفيت بوده و به صورت "حداکثرکردن حجم محصول دريافتي سالانه سالم از تأمين‌کنندگان" تعريف شده است. Z_2 براي نمايش هدف تحويل به موقع به صورت "حداقل‌کردن تعداد کالاهاي دريافتي سالانه با تأخير از تأمين‌کنندگان" تعريف شده است. Z_3 به عنوان هزينه کل زنجيره تعريف مي‌شود که اين هزينه برابر است با مجموع هزينه سالياته تأمين‌کنندگان به علاوه هزينه سالياته خريدار که در جدول (۲) تعريف شده است:

$$Max \quad Z_1 = \sum_i \alpha_i x_i \qquad (۱)$$

$$Min \quad Z_2 = \sum_i l_i x_i \qquad (۲)$$

$$Min \quad Z_3 = \sum_i (C_i + z_i + (E+F)l_i + K(1-\alpha_i))x_i + \frac{rQ}{2D^2}\sum_i C_i x_i^2 + \frac{D}{Q}\sum_i (A_i + S_i)Y_i \qquad (۳)$$

$s.t.$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = D \qquad (۴)$$

$$0 \le x_i \le G_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۵)$$

$$x_i \le DY_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۶)$$

$$x_i \ge \varepsilon Y_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۷)$$

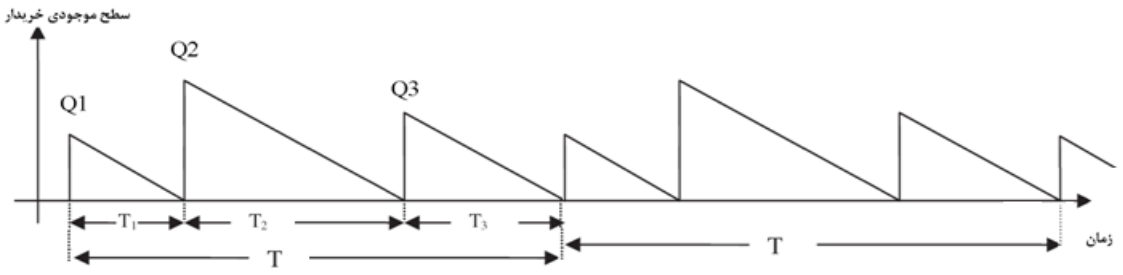
$$Y_i = \{0,1\} \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۸)$$

جدول۱ :کدگذاري تعدادي از مراجع.

نام مرجع	کد مرجع
مرجع [۹]- خلجاني و همکاران، ۲۰۰۷	(SO, MP, SI, WOD, Det, MS)
مرجع [۱۰]- سارما و همکاران، ۲۰۰۸	(SO, MP, SI, WD, Det, MS)
مرجع [۱۱]- هِسیه و وُو، ۲۰۰۸	(SO, MP, SI, WD, Prb, MS)
مرجع [۱۴]-عمید و همکاران، ۲۰۰۷	(MO, SP, SI, WD, Prb, MS)
مرجع [۱۶]- ژیا و وُو، ۲۰۰۷	(MO, MP, MI, WD, Det, MS)
مرجع [۱۷]- قدسي‌پور و اُبرایان، ۲۰۰۱	(SO, MP, SI, WOD, Det, MS)
مرجع [۲۲]- محبعلي‌زاده و فائز	(MO,MP, MI, WOD, Det, MS)

جدول۲: نحوه محاسبه هزینه‌کل زنجیره تأمین.

هزینه‌هاي تأمین‌کنندگان		هزینه‌هاي خریدار	
هزینه خرید:	$\sum_i z_i x_i$	هزینه خرید:	$\sum_i C_i x_i$
هزینه آماده‌سازي:	$\frac{D}{Q}\sum_i S_i Y_i$	هزینه سفارش‌دهي:	$\frac{D}{Q}\sum_i A_i Y_i$
هزینه سربار ناشي از تاخیر در تحویل:	$E\sum_i l_i x_i$	هزینه نگه‌داري موجودي:	$\frac{rQ}{2D^2}\sum_i C_i x_i^2$
هزینه ناشي از تحویل قطعات خراب:	$K\sum_i (1-\alpha_i)x_i$	هزینه تاخیر تأمین‌کنندگان:	$F\sum_i l_i x_i$



شکل۲: نمودار سطح موجودي خریدار.

روابط اخیر به سادگی به دست خواهند آمد. فقط نحوه محاسبه هزینه نگهداری خریدار در ادامه تشریح می‌شود. نمودار سطح موجودی خریدار را به صورت شکل (۲) در نظر بگیرید. در این نمودار فرض شده است که سه تأمین‌کننده وجود دارد.

مشاهده می‌شود که متوسط سطح موجودی خریدار در خرید از تأمین‌کننده iام برابر با $\frac{1}{2}T_iQ_i$ است. با در نظر گرفتن نرخ ثابت مصرف موجودی توسط خریدار و جایگذاری T، متوسط سطح موجودی خریدار در خرید از تأمین‌کننده iام برابر است با $\frac{1}{2}\frac{Q_i^2}{D}$. با اعمال هزینه نگهداری و هزینه خرید از تأمین‌کننده iام، کل هزینه سالانه نگهداری موجودی برای خریدار برابر $\frac{rQ}{2D^2}\sum_i C_i x_i^2$ به دست خواهد آمد.

محدودیت(۴) برای اعمال ضرورت ارضای تقاضا، محدودیت(۵) برای در نظر گرفتن ظرفیت برای تأمین‌کنندگان و محدودیت‌های (۶)، (۷) و (۸) برای تبیین رابطه منطقی میان x و Y ارائه شده‌اند. در روابط اخیر، ε یک مقدار به اندازه کافی کوچک است.

توابع Z_1 و Z_2 متغیر Q ندارند، همچنین این دو تابع به این دلیل که ترکیب خطی از متغیرهای x_i هستند، توابع محدبی‌اند. تابع هدف Z_3 یک تابع غیر خطی است. با گرفتن مشتق اول این تابع نسبت به متغیر Q و برابر با صفر قرار دادن آن، می‌توان مقدار Q را از رابطه زیر به دست آورد:

$$\frac{\partial Z_3}{\partial Q}=0 \quad \Rightarrow \quad Q^*=\sqrt{\frac{2D^3\sum_i (A_i+S_i)Y_i}{r\sum_i C_i x_i^2}}$$

با جایگذاری این مقدار در تابع هدف Z_3، مدل نهایی به صورت زیر (مسئله P) به دست خواهد آمد:

$$Max \quad Z_1=\sum_i \alpha_i x_i \tag{۹}$$

$$Min \quad Z_2=\sum_i l_i x_i \tag{۱۰}$$

$$Min \quad Z_3=\sum_i (C_i+z_i+(E+F)l_i+K(1-\alpha_i))x_i+\sqrt{\frac{2r}{D}\sum_i (A_i+S_i)Y_i}\times\sqrt{\sum_i C_i x_i^2} \tag{۱۱}$$

$$s.t. \tag{۱۲}$$

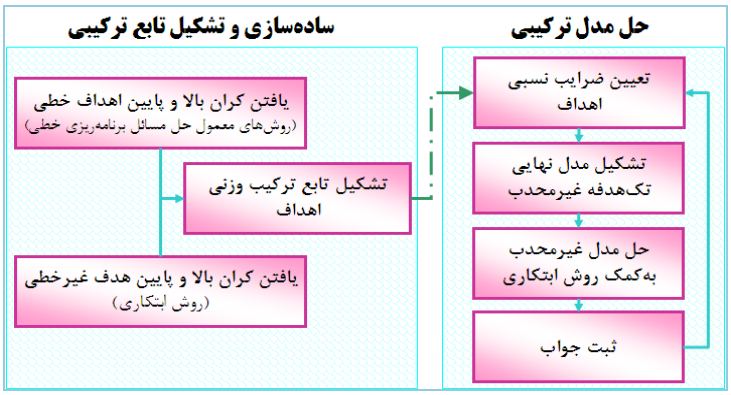
$$\sum_{i=1}^{n} x_i = D \qquad \text{Problem } (P) \tag{۱۳}$$

$$0 \le x_i \le G_i \qquad \forall i=1,2,..,n \tag{۱۴}$$

$$x_i \le DY_i \qquad \forall i=1,2,..,n \tag{۱۵}$$

$$x_i \ge \varepsilon Y_i \qquad \forall i=1,2,..,n \tag{۱۶}$$

$$Y_i=\{0,1\} \qquad \forall i=1,2,..,n$$



شکل۳: مراحل کلی حل مدل چند هدفه غیرخطی P_1.

همان طور که مشاهده مي‌شود، دو هدف کیفیت و تحویل به موقع ترکیب خطي از متغیرهاي x_i هستند، بنابراین محدبند. هدف هزینه به دلیل وجود متغیرهاي گسسته (y_i ها) غیرمحدب است، اما مي‌توان اثبات کرد که به ازاي مقادیر مشخص y_i این تابع هدف نیز یك تابع محدب خواهد بود[۱۷].

اگر مقادیر n کوچک باشد، مي‌توان همه حالات شدني y_i ها را بررسي و در نهایت جواب بهینه مسئله را یافت (همانند[۹]، [۲۵] و [۲۶])، اما اگر مقادیر n بزرگ باشد، تعداد حالات شدني مسئله افزایش خواهد یافت و در این صورت، مسئله به طور شمارشي قابل حل نیست؛ در این حالت مسئله تبدیل به یك مسئله NP-Hard شده[۱۸] و لازم است تا براي حل مسئله از روش‌هاي ابتکاري استفاده شود.

روش حل ابتکاري پیشنهادي

براي رسیدن به یك راه حل مشخص، فرض مي‌شود که مقادیر y_i مشخص است. در این صورت مي‌توان از روش ترکیب وزني اهداف، مسئله چندهدفه تعریف شده را به یک مسئله تک‌هدفه تبدیل کرد. با تعریف اوزان نسبي اهداف به صورت $(w_1, w_2, .., w_k)$، براي حل مدل و یافتن مقدار سفارش به تأمین‌کنندگان، مي‌توان از روش وزن‌دهي ارائه‌شده توسط هوانگ و یون [۱۹] استفاده کرد. در این صورت مدل تک‌هدفه‌اي از ترکیب وزني اهداف به صورت مسئله P_1 به دست خواهد آمد. در مسئله P_1 مقادیر Z_i^+ و Z_i^- به ترتیب بیان‌کننده حداکثر و حداقل هر یک از اهداف سه‌گانه به صورت منفرد است که با توجه به پنج محدودیت مسئله اصلي به دست مي‌آید.

با توجه به خصوصیات مسئله و شرایط تعریف‌شده براي متغیرهاي آن، مي‌توان از روش ابتکاري ارائه‌شده در مرجع[۵] به عنوان یک روش مؤثر در حل مسائل برنامه‌ریزي با متغیرهاي صفر و یک استفاده کرد. شکل(۳) مراحل کلي حل مدل و رسیدن به جواب را نشان مي‌دهد. در بخش اول ابتدا هر یک از توابع اول و دوم را به صورت منفرد در کنار محدودیت‌ها قرار داده و در دو حالت حداقل و حداکثرسازي، از روش‌هاي معمول در برنامه‌ریزي خطي، کران‌هاي بالا و پایین اهداف اول و دوم به دست مي‌آید. به طور مشابه براي تابع هدف سوم نیز مسئله تک‌هدفه تشکیل مي‌شود. با توجه به اینکه این مسئله NP-Hard است، براي حل آن از روش ابتکاري که در شکل (۴) (برگرفته از[۵]) تشریح شده است، استفاده مي‌شود. در این حالت کران بالا و پایین هدف سوم نیز مشخص مي‌شود.

بعد از یافتن کران‌هاي بالا و پایین اهداف، تابع ترکیبي مطابق روش هوانگ و یون [۱۹] تشکیل مي‌شود. سپس چرخه تکراري براي تعیین مجموعه جواب‌هاي مؤثر بدین صورت انجام مي‌شود که ابتدا ضرایب وزني اهداف تعیین شده و مدل نهایي تک‌هدفه تشکیل مي‌شود. سپس این مدل تک‌هدفه غیرمحدب به کمک روش ابتکاري حل شده و جواب به دست آمده ثبت مي‌شود. این چرخه تا زمان دستیابي به مجموعه قابل قبولي از جواب‌هاي مؤثر، تکرار خواهد شد. توجه به این نکته ضروري است که در

$$Min \quad Z(X) = w_1\left(\frac{Z_1^+ - Z_1}{Z_1^+ - Z_1^-}\right) + w_2\left(\frac{Z_2 - Z_2^-}{Z_2^+ - Z_2^-}\right) + w_3\left(\frac{Z_3 - Z_3^-}{Z_3^+ - Z_3^-}\right) \quad (۱۷)$$

s.t.

$$Z_1 = \sum_i \alpha_i x_i \quad (۱۸)$$

$$Z_2 = \sum_i l_i x_i \quad (۱۹)$$

$$Z_3 = \sum_i (C_i + z_i + (E+F)l_i + K(1-\alpha_i))x_i + \sqrt{\frac{2r}{D}\sum_i (A_i + S_i)Y_i} \times \sqrt{\sum_i C_i x_i^2} \quad (۲۰)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = D \quad (۲۱)$$

Problem (P_1)

$$0 \le x_i \le G_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \quad (۲۲)$$

$$x_i \le DY_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \quad (۲۳)$$

$$x_i \ge \varepsilon Y_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \quad (۲۴)$$

$$Y_i = \{0,1\} \qquad \forall i = 1,2,..,n \quad (۲۵)$$

روش ابتكاري (شكل ۴) وقتي مي‌توان گفت يك جواب موجه است كه كل تقاضاي مورد نياز را برآورده كند.

ارزيابي روش ابتكاري ارائه‌شده

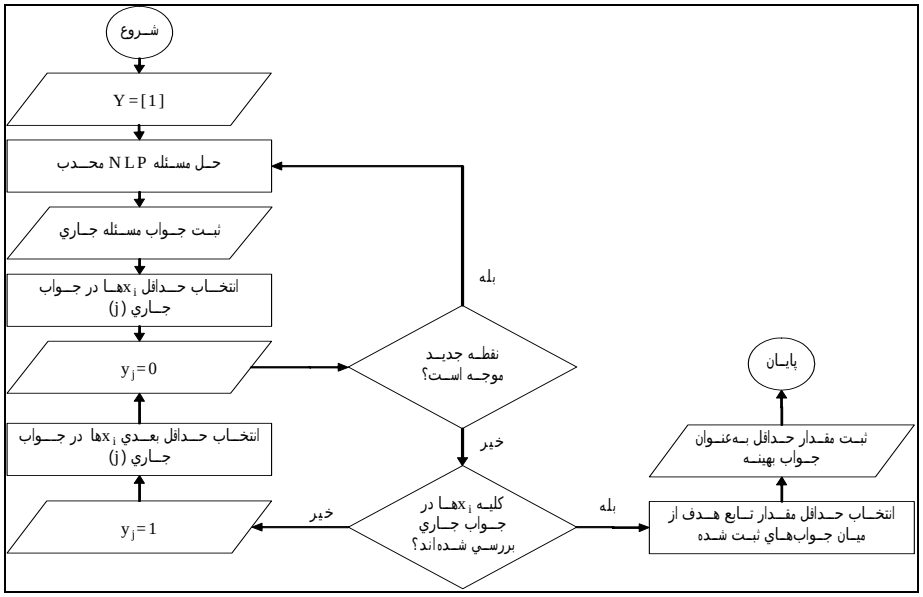
براي اطمينان از عملكرد روش ابتكاري ارائه‌شده، مسئله (P) فقط با در نظر گرفتن هدف سوم (تابع هدف هزينه) براي يافتن كران پايين آن به ازاي مقادير مختلف n (تعداد تأمين‌كنندگان) و D (مقدار تقاضا) مورد بررسي قرار گرفته است. براي حل مسئله از داده‌هاي پيوست (۱) كه به طور تصادفي توليد شده‌اند، استفاده مي‌شود. مقادير ساير عوامل به صورت زير تعريف شده است:

$E = 65$ $\quad r = 0.25$

$F = 35$ $\quad \varepsilon = 10^{-14}$

$K = 40$

نتايج حاصل از حل مدل به دو روش شمارش كل حالات و حل ابتكاري در جدول (۳) ارائه شده است. در هر دو حالت، جواب‌هاي نهايي براي مقدار تابع هدف با تقريب ۰/۱ يكسان به دست آمده است، اما زمان دستيابي به آن، در حل به روش شمارش كل حالات بسيار بيشتر از حل به روش ابتكاري بوده است. براي كدنويسي برنامه‌هاي مورد نياز از نرم‌افزار Matlab ويرايش ۷.۴ استفاده شده است. لازم به ذكر است كه براي nهاي بزرگ‌تر از ۱۸، به دليل عدم پاسخگويي سيستم حافظه و طولاني‌شدن زمان، حل به روش شمارش كل حالات با كامپيوترهاي معمولي[۶] امكان‌پذير نيست. همان طور كه مشاهده مي‌شود، با روش ابتكاري مي‌توان در زمان كمتري به جوابي بسيار نزديك به جواب حاصل از حل به روش شمارش كل دست يافت.



شكل ٤: گام‌هاي روش ابتكاري.

جدول ۳: مقايسه زمان حل در حالات مختلف **n** و **D** براي حل به روش شمارش كل حالات و حل به روش ابتكاري.

n	D	Feasible Nodes	Elapsed Time (Sec)	
			Exact	Heuristic
3	1000	4	2.79	2.21
4	1600	5	2.97	2.74
5	1800	9	2.42	2.03
6	2000	22	3.12	2.26
7	2300	52	5.37	2.24
9	3000	136	13.752	2.27
11	3600	543	61.45	2.57
13	4100	2436	319.18	2.64
15	4300	13148	1937.4	3.32
17	5000	43977	8114.35	3.7
18	5700	53644	9977.52	3.68

ارزيابي روايي تابع هدف مسئله P_1

براي بررسي منطقي‌بودن تابع هدف ارائه‌شده در مسئله P_1 لازم است بررسي شود كه آيا اين تابع هدف در شرايط واقعي رفتار منطقي داشته و جواب‌هاي قابل قبولي را ارائه مي‌دهد يا خير. به اين منظور از يك مثال عددي استفاده مي‌شود. در اين مثال عددي به بررسي مسئله‌اي با ۶۰ تأمين‌كننده (n=60) و تقاضايي برابر با ۱۹۵۰۰ واحد (D=19500) به ازاي ضرايب وزني مختلف براي اهداف پرداخته خواهد شد. با اين فرض كه:

$$E = 65 \qquad r = 0.25$$
$$F = 35 \qquad \varepsilon = 10^{-14}$$
$$K = 40$$

و با استفاده از داده‌هاي ارائه‌شده در پيوست (۱)، مسئله با استفاده از الگوريتم ابتكاري براي ۱۸۰ حالت مختلف ضرايب وزني حل شده است. اين ۱۸۰ حالت به سه مجموعه حالت ۶۰ تايي به صورت زير تقسيم شده است. در هر يک از اين مجموعه‌ها، ۶۰ حالت ارائه‌شده در پيوست (۲) مورد توجه قرار گرفته است:

مجموعه (الف): ضريب وزني هدف كيفيت مقداري ثابت دارد. ضريب وزني اهداف تحويل به موقع و هزينه متغير در نظر گرفته شده است.

مجموعه (ب): ضريب وزني هدف تحويل به موقع، ثابت در نظر گرفته شده است. ضريب وزني اهداف كيفيت و هزينه، متغير در نظر گرفته شده است.

مجموعه (ج): ضريب وزني هدف هزينه، ثابت در نظر گرفته شده است. ضريب وزني اهداف تحويل به موقع و كيفيت، متغير در نظر گرفته شده است.

براي هر يک از مجموعه‌هاي (الف)، (ب) و (ج)، مقادير تابع تركيبي حاصل از سه هدف (Z) كه به صورت

$$Z = w_1\left(\frac{Z_1^+ - Z_1}{Z_1^+ - Z_1^-}\right) + w_2\left(\frac{Z_2 - Z_2^-}{Z_2^+ - Z_2^-}\right) + w_3\left(\frac{Z_3 - Z_3^-}{Z_3^+ - Z_3^-}\right) \quad (۲۶)$$

تعريف مي‌شود، محاسبه و در شكل (۵) نمايش داده شده است. همان طور كه اشاره شد، در هر يك از مجموعه‌ها، ضريب اهميت يكي از اهداف برابر يك مقدار كم و ثابت در نظر گرفته شده و ضرايب وزني توابع، هدف ديگر متغير در نظر گرفته مي‌شود. در شكل ديده مي‌شود كه در ابتدا و انتهاي نمودار، مقدار تابع تركيبي (Z) كاهش و در ميانه نمودار اين مقدار براي هر سه مجموعه (الف، ب و ج) افزايش يافته است. دليل اين رفتار اين است كه در ابتدا و انتهاي نمودار، اهميت يكي از دو تابع هدف بسيار بالا بوده و اهميت دو تابع هدف ديگر كم است. پس در اين حالت، تابع هدف با ضريب وزني بالاتر (داراي اهميت بيشتر) تصميم‌گيري را تحت تأثير قرار داده و به كران بهينه خود بسيار نزديك خواهد شد. به عبارت ديگر تصميم‌گيري بر مبناي تابع هدف با ضريب وزني بالاتر انجام مي‌شود. در واقع در حالت ايده‌آل، اگر ضريب دو تابع هدف برابر صفر قرار داده شود، لازم است تا ضريب تابع هدف سوم برابر يک شود؛ در اين صورت تابع هدف سوم بر كران مطلوب خود منطبق شده و مقدار تابع تركيبي (Z) برابر با صفر خواهد بود. با اين توضيحات مي‌توان نتيجه گرفت كه تابع هدف مسئله P_1 در ابتدا و انتهاي نمودار ارائه‌شده در شكل (۵) رفتاري منطقي دارد.

در ميانه نمودار شكل (۵) مشاهده مي‌شود كه مقدار تابع تركيبي (Z) افزايش يافته است. دليل اين رفتار، نزديك شدن ضرايب وزني (اهميت) دو تابع هدف با ضرايب متغير به يكديگر است. بنابراين در اين حالت، هر دو تابع هدف اشاره‌شده در تصميم‌گيري مؤثر خواهند بود و اين موضوع سبب مي‌شود كه مقدار اين توابع از كران مطلوب خود فاصله داشته باشد. وجود اين فاصله باعث افزايش مقدار تابع تركيبي (Z) خواهد شد. اين نتيجه نيز منطقي‌بودن رفتار تابع هدف مسئله P_1 را نشان مي‌دهد. با اين توضيحات مي‌توان نتيجه گرفت كه مدل P_1 منطقي است و مي‌توان از آن براي تصميم‌گيري استفاده كرد.

بررسي كارآيي مدل

هدف اصلي اين تحقيق نشان دادن اين موضوع است كه در تصميم‌گيري براي انتخاب تأمين‌كننده مناسب در صورت "تصميم‌گيري بر اساس منافع همزمان خريدار و تأمين‌كنندگان" نسبت به "تصميم‌گيري بر اساس منافع يكي از اجزاي زنجيره (خريدار يا تأمين كنندگان)" منافع بيشتري عايد كل زنجيره خواهد شد. از اين رو براي بررسي كارآيي مدل، بايد نشان داده شود كه منافع كل زنجيره در حالت تصميم‌گيري هماهنگ نسبت به حالت تصميم‌گيري منفرد هر يک از عناصر زنجيره تأمين در سطوح بالاتري برآورده مي‌شود. براي اعتبارسنجي مدل، ابتدا دو مدل منفرد كه يكي از آن‌ها بر اساس منافع خريدار و ديگري بر اساس منافع تأمين‌كنندگان است، ايجاد خواهد شد. در ادامه، جواب‌هاي حاصل از اين دو مدل با مدل سوم كه در آن منافع خريدار و تأمين‌كننده به

طور همزمان مورد توجه قرار گرفته است، مقایسه خواهد شد. باید توجه شود که تأمین‌کنندگان و خریدار در دو هدف کیفیت و تحویل به موقع، با یکدیگر همسو هستند و تقابل میزان دستیابي به اهداف در هدف سوم يعني هدف هزینه تبلور مي‌یابد. بنابراین در مدل‌هاي منفرد ارائه‌شده (مدل اول و دوم) فقط تابع هدف هزینه تغییر خواهد کرد.

مدل منفرد (۱)- بر اساس منافع خریدار: در این مدل در تابع هدف سوم، فقط هزینه‌هاي خریدار باید حداقل شود. بنابراین هزینه‌هاي تأمین‌کنندگان در نظر گرفته نمي‌شود.

$$Max \;\; Z_1^1 = \sum_i \alpha_i x_i \qquad (۲۷)$$

$$Min \;\; Z_2^1 = \sum_i l_i x_i \qquad (۲۸)$$

$$Min \;\; Z_3^1 = \sum_i (C_i + Fl_i)x_i + \frac{rQ}{2D^2}\sum_i C_i x_i^2 + \frac{D}{Q}\sum_i A_i Y_i \qquad (۲۹)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = D \qquad (۳۰)$$

$$0 \le x_i \le G_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۳۱)$$

$$x_i \le DY_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۳۲)$$

$$x_i \ge \varepsilon Y_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۳۳)$$

$$Y_i = \{0,1\} \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۳۴)$$

پس از حل مدل و تعیین مقادیر بهینه x_iها، هزینه تأمین‌کنندگان از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$\sum_i (z_i + El_i + K(1-\alpha_i))x_i + \frac{D}{Q}\sum_i S_i Y_i \qquad (۳۵)$$

به این ترتیب هزینه کل زنجیره تأمین برابر خواهد بود با هزینه به دست آمده از رابطه (۳۵)؛ به علاوه هزینه خریدار که از حل مدل منفرد (۱) به دست خواهد آمد.

مدل منفرد (۲)- منافع تأمین‌کنندگان: در این حالت مدل‌سازي بر اساس منافع تأمین‌کنندگان به صورت زیر خواهد بود. در مدل منفرد (۲)، به دلیل نبود هزینه نگهداري موجودي، بهترین مقدار براي Q حداکثر مقدار آن يعني D است. در واقع به دلیل وجود هزینه آماده‌سازي، تأمین‌کنندگان مایل به تحویل یکباره همه تقاضاي سالانه به خریدار هستند. با در نظر گرفتن این موضوعات، مدل منفرد(۲) ساده‌سازي و بعد از تشکیل تابع ترکیبي، با روش‌هاي معمول برنامه‌ریزي خطي حل مي‌شود.

$$Max \;\; Z_1^2 = \sum_i \alpha_i x_i \qquad (۳۶)$$

$$Min \;\; Z_2^2 = \sum_i l_i x_i \qquad (۳۷)$$

$$Min \;\; Z_3^2 = \sum_i (z_i + El_i + K(1-\alpha_i))x_i + \frac{D}{Q}\sum_i S_i Y_i$$

$$s.t. \qquad (۳۸)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = D \qquad (۳۹)$$

$$0 \le x_i \le G_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۴۰)$$

$$x_i \le DY_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۴۱)$$

$$x_i \ge \varepsilon Y_i \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۴۲)$$

$$Y_i = \{0,1\} \qquad \forall i = 1,2,..,n \qquad (۴۳)$$

پس از حل مدل و به دست آمدن مقادیر x_iها، مي‌توان هزینه خریدار را بر اساس رابطه

$$\sum_i (C_i + Fl_i)x_i + \frac{r}{2D}\sum_i C_i x_i^2 + \sum_i A_i Y_i \qquad (۴۴)$$

محاسبه کرد که در آن Q=D. به این ترتیب هزینه کل زنجیره تأمین در مدل منفرد (۲) برابر خواهد بود با مجموعه هزینه خریدار که از رابطه (۴۴) به دست مي‌آید؛ به علاوه هزینه تأمین‌کنندگان که پس از حل مدل منفرد (۲) به دست خواهد آمد.

نتایج حاصل از حل مدل منفرد (۱) و (۲) در مقایسه با مدل منافع همزمان، براي ۱۸۳ حالت ضرایب وزني در نمودار شکل (۶) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که ۱۸۳ حالت بدین صورت به دست آمده است که همه ترکیبات سه‌تایي اعداد ۱ تا ۶ نوشته شده و سپس این ترکیبات سه‌تایي در بازه [۱، ۰] نرمال شده‌اند. این ترکیبات سه‌تایي نرمال‌شده به عنوان ضرایب وزني اهداف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. باید توجه داشت که نرمال‌شده ترکیب (۶، ۶، ۶) با (۱، ۱، ۱) و نیز (۴، ۲، ۲) با (۲، ۱، ۱) یکسان خواهد بود؛ بنابراین همه حالات کمتر از 6^3 شده است.

همان طور که در شکل (۶) دیده مي‌شود، مقادیر به دست آمده براي تابع ترکیبي اهداف، در مدل منافع همزمان با نوسانات کمتر و در سطح پایین‌تري نسبت به دو مدل منفرد قرار دارد. بنابراین به نظر مي‌رسد که مدل منافع همزمان اهداف مورد نظر این مقاله را تأمین کرده است. براي بررسي دقیق‌تر این مسئله، از روش‌هاي آماري استفاده خواهد شد.

با توجه به استقلال مقادیر تابع اهداف در هر یک از ۱۸۳ حالت، با استفاده از موضوع حد مرکزي (صفحه ۱۱۹

مرجع[۲۷])، هر مجموعه جواب را مي‌توان به صورت يک نمونه تصادفي با توزيع نرمال در نظر گرفته و آزموني را براي بررسي اختلاف ميان مقدار هدف ترکيبي در حالات منفرد نسبت به مدل منافع همزمان مورد ارزيابي قرار داد. به اين منظور، آزمون فرض با در نظر گرفتن سطح معناداري برابر α بايد انجام شود و در آن ميانگين مقدار به دست آمده براي هدف در مدل منافع همزمان با هر يک از حالات منفرد مورد بررسي قرار گيرد. براي اين بررسي از آزمون مقايسه زوجي يک طرفه استفاده مي‌شود[۱۱]. در اين آزمون، D نمايانگر تفاضل مدل پايه با يکي از مدل‌هاي منفرد است و داراي توزيع نرمال با n-1 درجه آزادي است. آماره آزمون به صورت $t = \frac{\overline{D}\sqrt{n}}{S_D}$ تعريف مي‌شود که در آن $\overline{D}$ نشانگر ميانگين نمونه‌ها بوده و S_D از رابطه زير به دست مي‌آيد:

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(D_i - \overline{D})^2}{n-1}} \qquad (۴۵)$$

براي اهدافي که به صورت حداقل‌سازي تعريف شده‌اند، آزمون فرض يک طرفه به اين ترتيب انجام مي‌شود که در آن، H فرض صفر و A فرض يک آزمون است:

$$H: D = 0$$
$$A: D > 0$$

پذيرش فرض صفر در اين آزمون بدين معنا است که ميانگين مدل منافع همزمان، مساوي و يا کمتر از ميانگين مدل منفرد در مورد هدف مورد نظر است. شرط پذيرش فرض صفر در اين حالت، قرارگيري مقدار آماره آزمون در بازه $[-\infty, t_{\alpha;n-1}]$ است. با توجه به اينکه تعداد نمونه‌ها برابر ۱۸۳ است و با در نظر گرفتن سطح معناداري $\alpha = 0.05$، مقدار $t_{\alpha;n-1}$ برابر $t_{0.05,182} = 1.645$ خواهد بود.

آزمون۱- مقايسه مقادير تابع هدف ترکيبي مدل منافع همزمان با مدل منفرد (۱): به ازاي حالات ۱۸۳گانه ضرايب وزني اهداف، مقادير زير به دست مي‌آيد:

$$\overline{D} = -0.07523 \quad S_D = 0.066611 \quad \Rightarrow t = -15.2786$$

آزمون۲- مقايسه مقادير تابع هدف ترکيبي مدل منافع همزمان با مدل منفرد (۲): به ازاي حالات ۱۸۳گانه ضرايب وزني اهداف، مقادير زير به‌دست آمده است:

$$\overline{D} = -0.05039 \quad S_D = 0.043711 \quad \Rightarrow t = -15.5938$$

همان طور که ديده مي‌شود، مقدار t در هر دو حالت در بازه $[-\infty, 1.645]$ قرار مي‌گيرد. از اين رو فرض صفر پذيرفته مي‌شود و مي‌توان با احتمال ۹۵درصد اذعان داشت که مقدار تابع هدف ترکيبي در مدل منافع همزمان، کمتر يا مساوي مدل‌هاي منفرد (۱) و (۲) است. به عبارتي، تابع هدف ترکيبي در مدل منافع همزمان در سطوح پايين‌تري نسبت به مدل‌هاي منفرد (۱) و (۲) قرار داشته و مجموعه اهداف در منافع همزمان در سطوح بهتري نسبت به دو حالت منفرد برآورده مي‌شوند. با توجه به در نظر گرفتن سطحي از هماهنگي بين خريدار و فروشندگان در مدل منافع همزمان، اين مدل توانسته است از طريق برنامه‌ريزي هماهنگ، عملکرد کل زنجيره تأمين را نسبت به حالاتي که تصميمات به طور منفرد گرفته مي‌شود، ارتقاء دهد.

نتيجه‌گيري و پيشنهادهايي براي تحقيقات آتي

همان طور که در تبيين اهداف اين تحقيق اشاره شد، هدف اين تحقيق ايجاد هماهنگي مؤثر بين خريدار و تأمين‌کنندگان با در نظر گرفتن اهداف مشترک ميان آن‌ها بوده است. در اين راستا يك مدل با سه هدف هزينه، کيفيت و تحويل به موقع تعريف و تشريح شد. نتايج حل مسئله و تحليل‌هاي آماري نشان مي‌دهد که اهداف مسئله در برنامه‌ريزي هماهنگ نسبت به برنامه‌ريزي منفرد در سطوح بهتري برآورده خواهد شد. به عبارتي در نظر گرفتن سطوحي از هماهنگي سبب شده است که مجموعه جواب‌هاي مؤثر مسئله، نتايج مطلوب‌تري را براي کل زنجيره به همراه داشته باشد.

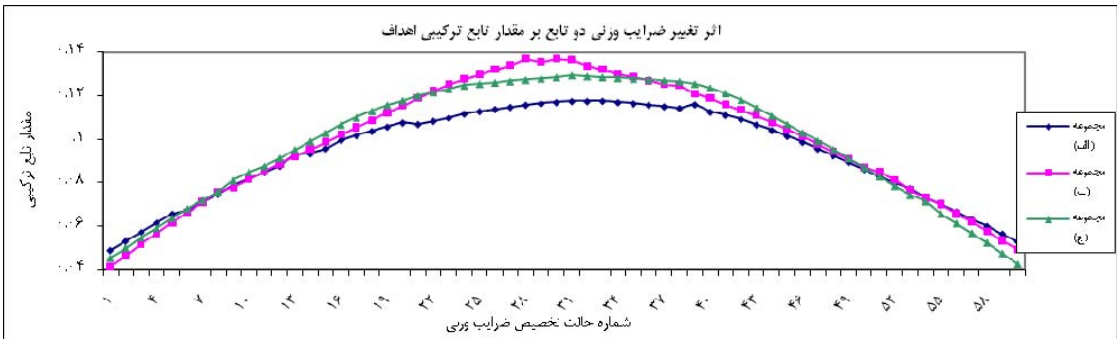
در انجام مطالعات و تحقيقات مرتبط با اين مقاله، وجود برخي محدوديت‌ها سبب شده است که در برخي موارد ساده‌سازي‌هايي انجام بگيرد و يا زواياي از مسئله پوشش داده نشود. برخي از مهم‌ترين اين موارد که مي‌تواند در تحقيقات آتي مورد کنکاش و بررسي بيشتر قرار گيرد، به اين ترتيب ارائه مي‌شود:

۱ براي مطالعه بيشتر به بخش ۷ و همچنين ۶از مرجع [۲۷] مراجعه نماييد.

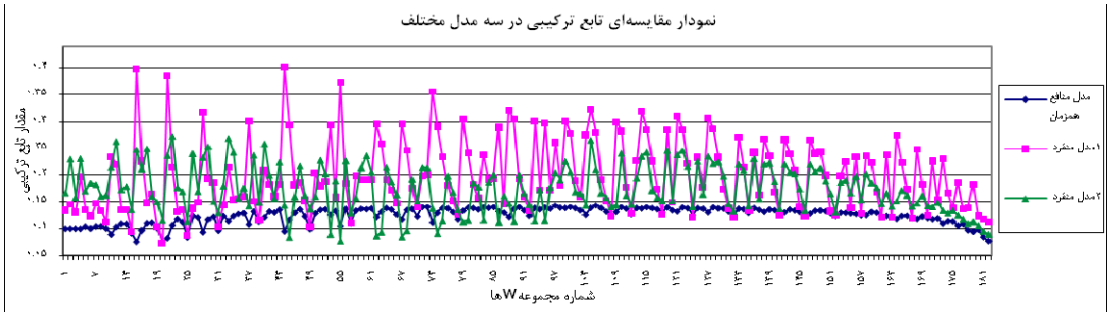
- تمرکز بر مدل و ساده‌سازي فرضيه‌ها: برخي فرضيه‌ها مي‌توانند به شرايط واقعي نزديک‌تر شوند. به عنوان نمونه، اغلب تأمين‌کنندگان قطعات، توليدکننده هستند، بنابراين نرخ توليد آن‌ها مي‌تواند وارد مدل شود. اين موارد به همراه فرضيه‌هاي ديگري مانند همساني دوره سفارش براي همه تأمين‌کنندگان، عدم امکان تأمين چند نوع قطعه از يک تأمين‌کننده، تحويل بدون تأخير به مشتري نهايي، ثابت بودن هزينه خريد از تأمين‌کنندگان در دوره‌هاي مختلف، در نظر نگرفتن هزينه‌هاي گارانتي و خدمات پس از فروش و نيز دريافت ترتيبي سفارشات از تأمين‌کنندگان مي‌توانند با توجه به شرايط واقعي محيط‌هاي کسب و کار تعديل و يا تغيير يابند.
- توسعه و ايجاد وابستگي ميان اهداف: همان طور که مشاهده شد، اهداف تعريف‌شده مستقل از هم هستند. اما در دنياي واقعي وابستگي بين برخي اهداف غير قابل انکار است. به عنوان نمونه تعداد تحويل‌هاي با تأخير، وابستگي زيادي به سطح کيفيت قطعات اوليه دارد.

همچنين، با توجه به تعريف معيار کيفيت و تحويل به موقع، در مدل اصلي مي‌توان اين اهداف را به صورت واقعي‌تر و به حالت "حداکثر کردن حداقل دريافت‌هاي سالم" و "حداقل‌کردن حداکثر تأخيرات" تعريف کرد.

- وارد کردن مباحث استراتژيک در برنامه‌ريزي عملياتي: تصميم‌گيري هماهنگ در يک زنجيره تأمين، اثربخشي کل زنجيره را افزايش مي‌دهد، اما اغلب مطلوبيت حاصله براي يکي از عناصر زنجيره در سطح پايين‌تري نسبت به حالت تصميم‌گيري منفرد قرار مي‌گيرد. بدين ترتيب تمايل براي تصميم‌گيري هماهنگ به مخاطره مي‌افتد. اين موضوع در مرجع [۹] و همچنين در نتايج مطالعه موردي تحقيق پيش‌رو قابل مشاهده است. ايجاد سيستم‌هاي تشويقي براي اعضاي زنجيره، براي ترغيب به همکاري و مشارکت در تصميم‌گيري هماهنگ (مانند استراتژي تخفيف)، يک مسئله مهم است که در تحقيقات آتي مي‌تواند مورد توجه قرار گيرد.
- اعمال شرايط غيرقطعي مسئله: همان طور که اشاره شد، اغلب متغيرها و عوامل در دنياي واقعي حالت غيرقطعي دارند. در تحقيقات آتي مي‌توان بر توسعه شرايط غيرقطعي روي عوامل و متغيرهاي تصميم‌گيري مانند تقاضاي سالانه و ظرفيت تأمين‌کنندگان متمرکز شد.



شکل ۵: اثر تغيير ضرايب وزني اهداف بر مقدار تابع ترکيبي اهداف در حالات ۶۰گانه بر اساس جدول پيوست ۲.



شکل ۶: نمودار مقايسه‌اي مقدار تابع ترکيبي در سه مدل مختلف.

مراجع

1- Aissaoui, N., Haouari, M. and Hassini, E.(2007) "Supplier selection and order lot sizing modeling: A review." *Computers & Operations Research*, Vol. 34, PP. 3516 – 3540.

2- De Boer, L., Labro, E. and Morlacchi, P. (2001) "A review of methods supporting supplier selection." *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 7, PP. 75-89.

3- Goyal, S.K.(1976) " An integrated inventory model for a single-supplier single-customer problem." *Int. J. of Production Research*, Vol. 15, PP. 107–111.

4- Toptal, A. and Cetinkaya, S. (2008). "Quantifying the value of buyer–vendor coordination: Analytical and numerical results under different replenishment cost structures." *European Journal of Operational Research*, Vol. 187, PP. 785–805.

5- Toptal, A., Cetinkaya, S. C, Lee C.-Y. (2003) The buyer–vendor coordination problem: modeling inbound and outbound cargo capacity and costs." *IIE Transactions on Logistics and Scheduling*, Vol. 35, PP. 987–1002.

6- Ben-Daya, M., Darwish, M. and Ertogral, K. (2008) "The joint economic lot sizing problem: Review and extensions." *European Journal of Operational Research*, Vol. 185, PP. 726–742.

7- Thomas, D.J. and Grifin, P.J. (1996) "Coordinated supply chain management." *European Journal of Operational Research*, Vol. 94(1), PP. 1-15.

8- Tan, K.C. (2001) "A framework of supply chain management literature." *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 7, PP. 39-48.

9- Gheidar-Kheljani; Ghodsypour, S.H.; O'Brien, C. (2009) "Optimizing whole supply chain benefit versus buyer's benefit through supplier selection." *Int. J. of Production Economics*, Vol. 121, PP. 482-493.

10- Sarmah, S.P., Acharya, D. and Goyal S.K. (2008) "Coordination of a single-manufacturer/multi-buyer supply chain with credit option." *Int. J. Production Economics*, Vol. 111, PP. 676–685.

11- Hsieh, C.C. and Wu, C.H. (2008) "Capacity allocation, ordering, and pricing decisions in a supply chain with demand and supply uncertainties". *European Journal of Operational Research*, Vol. 184, PP. 667–684.

12- Leung, Kit Nam Francis. (2010) "A generalized algebraic model for optimizing inventory decisions in a centralized or decentralized multi-stage multi-firm supply chain." *Transportation Research Part E*, Vol. 46, PP. 896–912.

13- Razmi J. and Rafiei H. (2010) "An integrated analytic network process with mixed-integer non-linear programming to supplier selection and order allocation." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 49, PP. 1195–1208.

14- Amid, A., Ghodsypour, S.H., O'Brien, C. (2009) "A weighted additive fuzzy multiobjective model for the supplier selection problem under price breaks in a supply Chain." *Int. J. of Production Economics*, Vol. 121, PP. 321-332.

15- William, Ho, Xiaowei, Xu and Prasanta, K. Dey (2010) "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review." *European Journal of Operational Research*, Vol. 202, PP. 16-24.

16- Xia, W. and Wu, Z. (2007) "Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments." *Omega*, Vol. 35, PP. 494- 504.

17- Ghodsypour, S.H., O'Brien, C. (2001) “The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint.” *Int. J. Production Economics*, Vol. 73, PP.15-27.

18- Garey, Michael R. and Johnson, David S. (1979) *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness.* s.l. : W.H.Freeman & Co Ltd.

19- Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications.* New York : Springer-Verlag.

20- Jafarnejad, A., Esmailian, M. and Rabi'e, M. (1387) “Supplier evaluation and selection: Singel sourcing with fuzzy approach.” *Human Siences MODARES*, Vol.12(4) 127-153. (In Farsi)

21- Razmi, J., Rabbani, M., Rezai, K. and Karbasian, S. (1383) “Development of a DSS for supplier planning, evaloation and selection.” *Journal of Faculty of Engoneerin,* Vol. 38(5) 693-708. (In Farsi)

22- Moheb-alizadeh, H. and Fa'ez, F. (1387) “Multi-objective approach for supplier evaluation by multi-criteria DEA.” *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 43(1) 67-82. (In Farsi)

23- Razmi, J., Sadegh Nik-Amal, M. and Hashemi, M. (1387) “Supplier selection with fuzzy analytic network process.” *Journal of Faculty of Engineering,* Vol. 42(7) 935-946. (In Farsi)

24- Chiniforooshan, P., Poorghannad, B., Aziz Mohammadi, R. and Razavi, S.H. (1389) “Supplier selection in stochastic environment with periodic compromise planning” *IMJ* , Vol. 16 55-74. (In Farsi)

25- Moghaddam, Gh. (1386) *Fuzzy Multi-Objective Modeling for Supplier Selection in Supply Chain*, MS Thesis in Faculty of Industrial Engineering, Amirkabir University of technology, Tehran. (In Farsi)

26- Gheidar-Kheljani, J. (1386) *Quantitative Modeling for Supplier Selection in Supply Chain-Single Buyer, Multiple Suppliers*, PHD Thesis in Faculty of Industrial Engineering, Amirkabir University of technology, Tehran . (In Farsi)

27- Bowker, A.H. and Lieberman, G.J. (1389) *Engineering Statistics*, (Translated by Mahlooji H. to Farsi) University Press Center.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1- Supplier Selection
2- Vendor Selection
3- National Bureau of Standards
4- Department Of Defense
5- Joint Economic Lot-sizing Problem
6- (CPU: AMD 2800+) & (RAM: 512 MB)

پیوست ۱: اطلاعات مربوط به تأمین‌کنندگان.

(i) Supplier Number	C_i	L_i	$Alfa_i$	G_i	z_i	A_i	S_i
1	112	0.05	0.98	570	93	7450	9800
2	118	0.08	0.94	670	89	6120	9400
3	114	0.02	0.96	450	90	6590	8600
4	117	0.04	0.97	590	91	6890	9300
5	119	0.01	0.97	610	90	6410	8970
6	120	0.01	0.99	590	89	6700	9100
7	111	0.07	0.95	640	92	6300	9500
8	115	0.05	0.96	470	86	7100	9210
9	108	0.01	0.98	360	88	7800	9700
10	127	0.01	0.99	680	86	6320	9460
11	113	0.02	0.95	370	85	7430	8920
12	119	0.01	0.98	460	88	6210	9310
13	117	0.04	0.97	640	94	6030	9000
14	117	0.09	0.93	420	91	6320	9530
15	118	0.02	0.96	530	90	6490	9620
16	111	0.06	0.99	610	88	7310	9700
17	125	0.05	0.94	370	87	7000	9900
18	128	0.06	0.92	430	89	7040	9510
19	112	0.08	0.93	510	90	6910	9010
20	110	0.04	0.98	610	92	6520	8510
21	126	0.05	0.96	700	87	6050	8490
22	121	0.02	0.95	630	85	7360	8670
23	126	0.03	0.94	600	93	6710	8930
24	127	0.08	0.92	520	86	6800	9780
25	118	0.07	0.93	500	89	6530	9460
26	115	0.1	0.94	610	93	6490	9810
27	116	0.06	0.95	360	92	7080	9020
28	118	0.1	0.91	380	94	7210	8670
29	120	0.04	0.93	390	87	6620	8460
30	129	0.09	0.98	490	91	7090	9120
31	121	0.01	0.97	470	86	7420	9240
32	127	0.04	0.98	610	98	6260	8620
33	115	0.05	0.95	520	89	7150	9510
34	119	0.09	0.96	460	87	6540	8450
35	115	0.03	0.92	790	97	7480	9840
36	129	0.02	0.91	570	86	6870	9740
37	117	0.04	0.94	390	94	6390	9980
38	114	0.07	0.98	640	95	6330	8360
39	113	0.06	0.96	790	89	7610	9130
40	126	0.02	0.95	460	92	6520	8220
41	128	0.05	0.92	590	85	7580	8840
42	124	0.01	0.93	680	87	6970	8770
43	123	0.08	0.93	540	86	7250	9560
44	120	0.09	0.99	480	98	7530	9320
45	120	0.03	0.96	630	97	7420	8240
46	118	0.01	0.95	540	92	6990	9960
47	129	0.04	0.98	720	93	6640	8830
48	122	0.07	0.94	740	92	7980	9390
49	119	0.08	0.91	730	84	7360	8330
50	116	0.02	0.98	490	95	6230	9620
51	118	0.03	0.96	380	89	7720	9570
52	125	0.06	0.95	540	98	6240	8720
53	116	0.05	0.93	800	87	6270	8920
54	127	0.04	0.98	460	97	6730	9210
55	117	0.07	0.98	690	85	7120	8510
56	115	0.08	0.96	720	96	7340	9430
57	116	0.02	0.93	390	82	6560	8950
58	123	0.03	0.98	710	91	6430	9640
59	124	0.01	0.98	450	89	7220	8220
60	120	0.09	0.96	550	99	6810	9180

پيوست ۲: جدول ضرايب وزني اهداف و نمودار آن در ٦٠ حالت مختلف.

مقادير ضرايب نسبي- حالات ۱ تا ۳۰			مقادير ضرايب نسبي- حالات ۳۱ تا ۶۰		
10	1	60	10	31	30
10	2	59	10	32	29
10	3	58	10	33	28
10	4	57	10	34	27
10	5	56	10	35	26
10	6	55	10	36	25
10	7	54	10	37	24
10	8	53	10	38	23
10	9	52	10	39	22
10	10	51	10	40	21
10	11	50	10	41	20
10	12	49	10	42	19
10	13	48	10	43	18
10	14	47	10	44	17
10	15	46	10	45	16
10	16	45	10	46	15
10	17	44	10	47	14
10	18	43	10	48	13
10	19	42	10	49	12
10	20	41	10	50	11
10	21	40	10	51	10
10	22	39	10	52	9
10	23	38	10	53	8
10	24	37	10	54	7
10	25	36	10	55	6
10	26	35	10	56	5
10	27	34	10	57	4
10	28	33	10	58	3
10	29	32	10	59	2
10	30	31	10	60	1