

## توسعه مدل تعیین میزان بهینه سفارش با انتخاب تامین کننده

### مناسب و حل با استفاده روش الگوریتم ژنتیک NSGA-II

#### مورد مطالعه: شرکت مروارید پنبه ریز بوشهر

سید محمدتقی تقوی فرد<sup>۱\*</sup>، محمد حسن دهقانی<sup>۲</sup>، مجتبی آقایی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
۲. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
۳. دانشجوی دکترای مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

پذیرش: ۹۴/۰۴/۱۰

دریافت: ۹۳/۱۱/۱۱

#### چکیده

انتخاب تامین کننده و تعیین میزان بهینه سفارش یکی از اجزای مهم تولید و مدیریت لجستیک برای بسیاری از شرکتها می باشد. به همین منظور پس از انتخاب تامین کننده مناسب می بایست میزان سفارش بهینه هر یک از تامین کنندگان را با توجه به اهداف و تنگناها و محدودیت هایی که مورد نظر تصمیم گیرندگان است را بدست آورد. یکی از روش های کارا در این راستا که می تواند با هدف گذاری های مختلف جواب بهینه ارائه دهد، مدل های برنامه ریزی چند هدفه می باشد. پس می توان بیان کرد که هدف از این پژوهش طراحی یک مدل چند هدفه کارا بمنظور تعیین میزان سفارش مطلوب موجودی و تخصیص به هر یک از تامین کنندگان می باشد. این کار با طراحی مدلی چند هدفه، با اهداف حداقل کردن هزینه های موجود در زنجیره، مانند هزینه خرید، نگهداری، حمل و نقل و... و همچنین حداکثر نمودن سطح کیفیت مواد خریداری شده از تامین کنندگان انجام می گیرد. در نهایت نیز مدل با استفاده از روش فرا ابتکاری چند هدفه الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نامغلوب (NSGA-II) حل شده و به منظور اعتبار سنجی مدل، مدل با استفاده از روش الگوریتم فرا ابتکاری بهینه سازی انبوه ذرات (PSO) نیز حل شده و نتایج با روش اول مقایسه می گردد.

**کلیدواژه ها:** زنجیره تامین، انتخاب تامین کننده، برنامه ریزی سفارش، الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نامغلوب II، الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات (PSO)



## ۱- مقدمه

رقابت، مفهومی کاملاً شناخته شده در دنیای پیچیده امروزی است. کاهش قیمت تمام شده، افزایش سطح خدمت‌رسانی به مشتریان، برآوردن سریع نیازهای مشتریان، افزایش کیفیت محصول و خدمات ارائه شده به مشتریان از جمله مواردی است که به منظور باقی ماندن در صحنه رقابت، برای هر محصول و هر خدمت ارائه شده الزامی است. در این راستا در سالیان گذشته مفهومی به نام زنجیره تامین شکل گرفته تا با ایجاد هماهنگی بین بخش‌های مختلف دست اندرکار تهیه و توزیع محصول (یا خدمت) و به اصطلاح مدیریت اثربخش زنجیره تامین بتوان تا حد امکان هزینه‌ها را کاهش داده و در عین حال کیفیت کالا و خدمات ارائه شده به مشتریان را افزایش دهد. [۱]

در مدیریت زنجیره تامین، یکی از اجزای مهم تولید و مدیریت لجستیک برای بسیاری از شرکتها، انتخاب تامین کننده و تعیین میزان بهینه سفارش می‌باشد. اشتباه در انتخاب تامین کننده و تعیین میزان بهینه سفارش از هر کدام، می‌تواند موجب تزلزل موقعیت مالی و عملیاتی یک شرکت شود و از طرف دیگر انتخاب صحیح تامین کننده و تعیین مقدار بهینه سفارش می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های خرید، رقابت پذیری در بازار و ارتقای رضایت‌مندی مصرف‌کننده نهایی شود. [۲]

از آنجایی که تامین کنندگان قابل اعتماد، تولید کنندگان را قادر می‌سازند که هزینه موجودی کالا را کاهش و کیفیت کالا را بهبود بخشند، انتخاب نادرست آنها می‌تواند برای از بین بردن منابع مالی و فنی یک زنجیره تامین کافی باشد. بنابراین این مساله قابل درک است که تولیدکنندگان نسبت به انتخاب تامین کنندگان به طور فزاینده‌ای نگران باشند. از طرف دیگر فلسفه تولید بهنگام<sup>۱</sup> و تمایل شرکت‌ها به این نوع تولید، انتخاب تامین کننده جنبه استراتژیک نیز یافته و انتخاب تامین کنندگان استراتژیک در برقراری رابطه سودمند بلندمدت با بهترین و در عین حال کمترین مقدار آنها، نقش حیاتی یافته است. این نوع رابطه هم به تولیدکنندگان و هم به تامین کنندگان فرصتی برای بهبود عملیات فراهم می‌کند.

انتخاب تامین کننده و تعیین میزان بهینه سفارش یکی از اجزای مهم تولید و مدیریت لجستیک برای بسیاری از شرکت‌ها می‌باشد. [۳] اگر فرایندها به درستی انتخاب شود، کیفیت بالا و روابط پایدار بلند مدت دست یافتنی تر خواهند بود. چگونگی رابطه با محیط و استراتژی

رابطه با دیگر شرکت‌ها با یکدیگر ارتباط دارند. [۴] همچنین انتخاب اشتباه یک تامین کننده می‌تواند موجب واژگونی موقعیت مالی و عملیاتی یک شرکت شود و از طرف دیگر انتخاب صحیح تامین کننده یا تعیین مقدار بهینه سفارش می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های خرید، بهبود رقابت پذیری در بازار و ارتقا رضایت مندی مصرف کننده نهایی شود. میزان بهینه سفارش در برنامه‌ریزی تولید نقش بسیار مهمی می‌تواند داشته باشد، گرچه خود نیز از برنامه‌ریزی تولید تاثیر می‌پذیرد. [۵]

هدف از این پژوهش طراحی یک مدل چندهدفه کارا بمنظور تعیین میزان سفارش مطلوب موجودی و تخصیص به هر یک از تامین کنندگان می‌باشد. در همین راستا، بمنظور آزمون مدل طراحی شده از اطلاعات جمع آوری شده از شرکت مروارید پنبه ریز استفاده گردیده است.

## ۲- پیشینه پژوهش

گرینگر در ارتباط با جریان سیستماتیک معیارهای انتخاب تامین کننده مطالعه نمود. وی معیارهای وظیفه‌ای تامین کننده را بدست آورد که از قبیل دانش تکنیکی، دارایی‌های مالی، تجارب مدیریتی ارزیابی بازار، فرهنگ ملی شراکت، تجارب قبلی، اندازه و ساختار آن بود. [۳] در تحقیق دیگر با عنوان طراحی مدل ریاضی انتخاب تامین کننده زنجیره تامین با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره توسط مجید هوشمندی ماهر در فروشگاه‌های زنجیره‌ای شهروند صورت گرفت، پس از انتخاب تامین کننده با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره از برنامه‌ریزی چندهدفه جهت تعیین میزان مطلوب سفارش از هر یک از تامین کنندگان استفاده گردید. در این تحقیق از سوی کارشناسان، معیارهای تحویل به موقع، رعایت دقیق حجم سفارش، انعطاف‌پذیری در تحویل، خروج به موقع مرجوعی‌ها، همکاری در فروش- های فوق العاده، همکاری در تبلیغات، قابلیت بسته‌بندی، تنوع کالایی، دارا بودن گواهی‌های کیفی، حجم فروش سالانه، میانگین سود سه سال گذشته، تعداد مشتریان عمده و میزان بدهی جهت انتخاب تامین کنندگان شناسایی شدند. [۶]

سبی و بایرکتار در سال ۲۰۰۳ برای تخصیص سفارش بین تامین کنندگان، برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگرافیک و فرایند تحلیل سلسله مراتبی داده‌ها را با هم یکپارچه کردند. هدف مدل آنها، حداکثر کردن سطح کیفیت کالاهای خریداری شده، حداقل کردن تابع هزینه و حداکثر



کردن تابع مطلوبیت بود. محدودیت‌های در نظر گرفته شده توسط آنها نیز شامل ارضا کامل تقاضای خریدار، برآوردن حداقل و حداکثر مقادیر سفارش برای هر تامین کننده و هر قلم کالا بود. معیارهای لحاظ شده توسط آنها نیز شامل معیارهای لجستیکی، معیارهای تکنولوژیکی، معیارهای تجاری و معیارهای ارتباطی بود. [۷]

بویلاکوآ در سال ۲۰۰۶ با استفاده از تکنیک QFD فازی، الگوریتمی را جهت انتخاب تامین کننده ارائه نمود. در این پژوهش ۸ گام زیر برای انتخاب تامین کننده استفاده شده است. [۸]

ساعتی در سال ۲۰۰۴ از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای انتخاب تامین کننده استفاده کرد که برای این منظور مدلی را طراحی نمود که براساس آن، معیارها از مجموعه خبرگان در صنعت و تعریف مساله انتخاب تامین کننده بدست آمده است. وی مساله انتخاب تامین کننده را به یک سلسله مراتب قابل کنترل تجزیه کرد تا اولویت‌های مورد نظر مشخص شود. در این راستا ۴ گروه معیار تعریف شده است. سود، فرصت‌ها، هزینه، ریسک، این ۴ معیار می‌باشند که هر کدام دارای زیر معیارهایی هستند. [۹] کومار و همکاران نیز برای انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین، از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط فازی استفاده کردند. مدل آنها دارای سه هدف حداقل کردن هزینه خالص، حداقل کردن تعداد اقلام برگشتی و حداقل کردن تعداد تاخیرات در تحویل بود. محدودیت‌های مدل آنها ارضاء کامل تقاضای خریدار، ظرفیت تامین کننده، انعطاف پذیری در سهمیه تخصیص یافته به تامین کننده، بودجه کل و بودجه هر تامین کننده بود. در این مدل برخی از پارامترها به صورت فازی و در نظر گرفته شده بود. [۱۰]

ژیا و وو (۲۰۰۵) به منظور تعیین همزمان تعداد تامین کنندگان و تخصیص سفارش بین آنها در حالت منبع یابی چندگانه، وجود چندین معیار و لحاظ کردن محدودیت‌های تامین کننده، فرایند تحلیل سلسله مراتبی داده‌های بهبود یافته توسط تئوری مجموعه‌های ناهموار را با برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط یکپارچه کردند. آنها در مدل خود فرض کردند که مبنای کمیت و یا تنوع، محصولات خریداری شده است. برای تشریح بیشتر مدل، الگوریتم حل و دو مثال عددی نیز توسط آنها ارائه شده است. [۱۱]

در تحقیقی که در سال ۲۰۱۳ با عنوان، مدلی یکپارچه به منظور برنامه‌ریزی سفارش موجودی با انتخاب تامین کننده و در نظر گرفتن تخفیفات مقداری، انجام گرفته است، لی و همکارانش به طراحی مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط پرداخته‌اند که هدف آن کمینه

کردن هزینه‌های حمل نقل، نگهداری، خرید و سفارش دهی می‌باشد و در نهایت مدل با استفاده از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک حل گردیده است. همچنین این تحقیق در شرکت تکنولوژی‌های پیشرفته تایوان صورت گرفته است و در نهایت نتایج آن به این شرکت ارائه گردیده است. [۱۲]

در تحقیقی دیگر که توسط سنیگیت و همکارانش در سال ۲۰۱۲ انجام شده، از آنالیز ابتکاری برای برنامه‌ریزی سفارش موجودی و انتخاب تامین کننده مناسب استفاده گردید است. آنها مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلطی را طراحی کرده‌اند که چند سطحی و چند محصولی بوده و هدف آن مینیم کردن هزینه‌های موجود برای تعیین میزان سفارش بهینه است. آنها در نهایت مدل را با استفاده از نرم افزار ARENA 4.0 شبیه سازی کرده‌اند. [۱۳]

رضایی و داوودی در سال ۲۰۱۳ در پژوهش خود مدل چندهدفه عدد صحیح مختلط غیرخطی را توسعه دادند. این مدل یک مدل چند دوره‌ای، چند محصوله و چند تامین کننده است و اهداف مینیم سازی هزینه‌ها، ماکزیم سازی سطح کیفیت و سطح خدمات را برآورده می‌کند. در نهایت نیز مدل با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک حل شده و نتایج آن در دو حالت عدم قبول کسری و قبول کسری مقایسه شده‌اند. [۱۴]

ربانی در پژوهش خود روش جدیدی را با استفاده از یک سیستم خبره فازی به منظور تخمین پارامترهای فازی برای مساله تعیین اندازه انباشته چند سطحی، چند محصولی و با ظرفیت محدود ارائه کرده است. وی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در پارامترها، یک برنامه‌ریزی ریاضی فازی با استفاده از مفهوم برش آلفا برای تبدیل مدل فازی به یک مدل کلاسیک قطعی طراحی نمود. در نهایت نیز مدل طراحی شده خود را در کارخانه تولید کننده لوازم خانگی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داد. [۱۵]

رزمی و همکاران در پژوهش خود مدلی را طراحی کردند که شامل انواع مختلفی از تخفیفات می‌باشد. همچنین محدودیت‌هایی از قبیل ظرفیت تامین کنندگان و تقاضا در مل نهایی گنجانده شده است. در این پژوهش مدل نهایی طراحی شده با استفاده روش فراابتکاری جستجوی پراکنده (SSA) حل شده و نتایج بدست مده در حالت‌های مختلف استفاده از تخفیفات با یکدیگر مقایسه گردید. [۱۶]

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، در این تحقیق مدلی چند هدفه ارائه خواهد شد که علاوه بر کمینه کردن هزینه‌های موجود برای تخصیص میزان بهینه سفارش به هر



تامین کننده، سطح کیفیت ارائه شده توسط هر تامین کننده نیز مد نظر قرار خواهد گرفت. همچنین محدودیت‌های مدل نیز با توجه به محدودیت‌های موجود در شرکت مورد مطالعه تنظیم میگردد. در نهایت مدل با استفاده از روش فرابتکاری چند هدفه الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب حل شده و به منظور اعتبار سنجی مدل، مدل با استفاده از روش دیگری حل و نتایج با روش اول مقایسه می‌گردد.

### ۳- روش شناسی چارچوب انتخاب تامین کننده و تعیین مقدار سفارش

در این پژوهش ابتدا براساس اطلاعات موجود در شرکت مروارید پنبه ریز بوشهر، پارامترهای مدل تنظیم می‌گردد و پس از آن محدودیت‌ها با توجه به نظر مدیران شرکت و همچنین وضعیت موجود آن تنظیم شده و مدل نهایی طراحی می‌گردد. در زمینه سطح کیفیت که به عنوان هدف دوم مدنظر قرار خواهد گرفت نیز از اطلاعات موجود در بخش کنترل کیفیت شرکت، از جمله نتایج آزمایشات متعدد بر روی مواد اولیه خریداری شده از هر تامین کننده و همچنین نمودارهای مربوط به کیفیت هر نوع ماده اولیه، نرخ سطح کیفیت تخمین زده شده و به عنوان پارامتر تابع هدف دوم در مدل گنجانده می‌گردد. قابل ذکر است که به دلیل اهمیت بسیار فراوان کیفیت محصولات ارائه شده توسط هر تامین کننده برای شرکتها، کیفیت می‌بایست به عنوان یک هدف اصلی در بررسی تامین کنندگان و تخصیص سفارش به آنها مدنظر قرار گیرد.

#### مدل برنامه‌ریزی چند هدفه

با توجه به توصیف مساله و با توجه به اینکه روش کلی حل مساله از نوع برنامه‌ریزی ریاضی است، به مدلسازی ریاضی پرداخته میشود و واضح است که در هر مدل باید قبل از ارائه، ویژگی‌ها، مفروضات، تعریف متغیرها و پارامترها از نظر بگذرد و سپس مدل ریاضی آن ارائه گردد.

#### مفروضات مدل

- ۱- چند محصولی بودن
- ۲- چند دوره‌ای بودن
- ۳- وجود تامین کنندگان متعدد برای هر محصول بصورت جداگانه
- ۴- محدودیت ظرفیت انبار

### اندیس‌های مدل

$i$ : تعداد محصول

$j$ : تعداد تامین کنندگان

$t$ : تعداد دوره

### متغیرهای تصمیم

$X_{ijt}$ : مقدار سفارش محصول  $i$  از تامین کننده  $j$  در دوره زمانی  $t$

$Y_{ijt}$ : متغیر صفرویک، 1 در صورتی که برای محصول  $i$  به تامین کننده  $j$  در دوره  $t$

سفارش داد شود، 0 در غیر این صورت

### پارامترهای مدل

$P_{ij}$ : هزینه خرید خالص محصول  $i$  از تامین کننده  $j$

$O_{ij}$ : هزینه سفارش برای تامین کننده

$T_{ij}$ : هزینه حمل و نقل برای تامین کننده  $j$  در هر وسیله نقلیه

$h_i$ : هزینه نگهداری برای محصول  $i$  در هر دوره

$d_{it}$ : تقاضای محصول  $i$  در هر دوره  $t$

$f_{ijt}$ : سطح کیفیت محصول  $i$  سفارش شده از تامین کننده  $j$  در دوره  $t$

$\alpha_{ij}$ : نرخ رشد سطح کیفیت محصول سفارش شده از تامین کننده  $j$

$\beta_{ij}$ : نرخ کاهش هزینه سفارش برای تامین کننده  $j$

$C_{ij}$ : ظرفیت هر تامین کننده در تولید محصول  $i$

$s_i$ : فضایی که محصول  $i$  اشغال می‌کند

$V_{ij}$ : ظرفیت وسیله نقلیه تامین کننده  $j$

$S$ : کل ظرفیت انبار



### مدل نهایی

$$\begin{aligned}
 ۱) \text{ Min } Z_۱ &= \sum_i \sum_j \sum_t P_{ij} X_{ijt} + \sum_i \sum_j \sum_t O_{ij} e^{(-\beta_{ij} \sum_{k=۱}^t Y_{ijk})} Y_{ijk} \\
 &+ \sum_i \sum_j \sum_t \frac{1}{\gamma} h_i X_{ijt} + \sum_i \sum_{t=۱}^{t-۱} \frac{1}{\gamma} h_i \left( \sum_{k=۱}^{t-۱} \sum_j X_{ijk} - \sum_{k=۱}^{t-۱} d_{ik} \right) \\
 &+ \sum_i \sum_j \sum_t T_{ij} \left[ \frac{S_i X_{ijt}}{V_{ij}} \right] \\
 ۲) \text{ Max } Z_۲ &= \sum_i \sum_j \sum_t F_{ij} \cdot e^{\lambda_{ijt}} X_{ijt}
 \end{aligned}$$

Constraints:

$$\begin{aligned}
 ۱) \sum_{k=۱}^t \sum_j X_{ijk} - \sum_{k=۱}^t d_{ik} &\geq \cdot \text{ for all } i \text{ and } t \\
 ۲) \sum_{t=۱}^T \sum_j X_{ijt} - \sum_{t=۱}^T d_{it} &= \cdot \text{ for all } i \\
 ۳) \sum_i \sum_j \sum_t s_i X_{ijt} + \sum_i \sum_{t=۱}^{t-۱} s_i \left( \sum_{k=۱}^{t-۱} \sum_j X_{ijk} - \sum_{k=۱}^{t-۱} d_{ik} \right) &\leq S \text{ for all } t \\
 ۴) X_{ijt} &\leq C_{ij} \text{ for all } i, j \text{ and } t \\
 ۵) X_{ijt} &\leq M \cdot Y_{ijt} \text{ for all } i, j \text{ and } t \\
 ۶) Y_{ijt} = \cdot \text{ or } ۱ &\text{ for all } j \text{ and } t, X_{ijt} \geq \cdot \text{ for all } i, j \text{ and } t
 \end{aligned}$$

تابع هدف اول در این مدل کمینه‌سازی هزینه‌های خرید، سفارش، حمل و نقل و نگهداری است که تقریباً در تمامی مدل‌های برنامه‌ریزی سفارش گنجانده می‌شود. هدف دوم در مدل برنامه‌ریزی سفارش، بیشینه کردن سطح کیفیت محصولات خریداری شده از هر تامین کننده می‌باشد. بدین صورت که با استفاده از معیارهای کمی و کیفی که مدنظر مدیران شرکت می‌باشد، سطح کیفیت مواد اولیه مورد نیاز و همچنین نوسانات سطح کیفی آن بررسی می‌شود. محدودیت (۱) نشان دهنده محدود بودن تقاضا در هر دوره می‌باشد و بیان می‌کند که مقدار سفارش در هر دوره منهای تقاضای دوره می‌بایست بزرگتر مساوی مقدار صفر باشد، محدودیت (۲) نشان می‌دهد که می‌بایست مقدار باقی مانده از مواد اولیه در دوره آخر به صفر برسد. بدین صورت که مجموع مقدار سفارش شده منهای تقاضا برابر صفر باشد. تفاوت این محدودیت با محدودیت اول در این است



که این محدودیت برای هر محصول فقط در دوره آخر محاسبه می‌شود، اما محدودیت اول در تمام دوره‌ها باید اعمال گردد. محدودیت (۳) شامل دو قسمت می‌باشد، قسمت اول نشان دهنده مقدار سفارش شده در هر دوره می‌باشد که بدین صورت است که مقدار سفارش شده را در فضایی که هر محصول اشغال می‌کند ضرب می‌کنیم، قسمت دوم نیز شامل محصولات باقی مانده از دوره‌های قبل می‌باشد، بدین صورت که فضایی که هر محصول اشغال می‌کند را در مقدار باقی مانده از دوره‌های قبل ضرب می‌کنیم، محدودیت (۴) نشان می‌دهد که مقدار سفارش شده در هر دوره میبایست مساوی یا کوچکتر از ظرفیت هر تامین کننده باشد. محدودیت (۵) نشان می‌دهد که در صورتی مقدار سفارش به هر یک از تامین کنندگان تخصیص داده می‌شود که مدل اجازه تخصیص را داده باشد. به عبارت دیگر این محدودیت الزام می‌کند که فقط به تامین کنندگانی که انتخاب شده‌اند، سفارش تخصیص داده شود. مجموعه محدودیت (۶) نیز شامل باینری بودن مقدار  $Y_{jt}$  و همچنین مثبت مقدار سفارش در هر دوره را نشان می‌دهد.

#### مقادیر اولیه

جدول ۱ پارامترهای مدل

		ت. ک ۱	ت. ک ۲	ت. ک ۳	ت. ک ۴
P <sub>ij</sub>	۱	7,500,000	5,700,000	9,200,000	7,300,000
	۲	9,000,000	8,500,000	9,500,000	9,500,000
O <sub>ij</sub>	۱	1,140,000	1,200,000	2,400,000	1,360,000
	۲	1,500,000	1,100,000	1,400,000	1,400,000
g <sub>ij</sub>	۱	3,000,000	3,000,000	3,000,000	2,500,000
	2	3,900,000	3,000,000	3,000,000	2,000,000
F <sub>ijt</sub>	۱	0.98	0.97	0.96	0.95
	۲	0.97	0.99	0.96	0.95
λ <sub>ij</sub>	۱	0.015	0.012	0.01	0.0034
	۲	0.005	0.01	0.003	-0.0011
β <sub>ij</sub>	۱	0.1	0.045	0.06	0.12
	۲	0.15	0.075	0.07	0.08
C <sub>ij</sub>	۱	20000	24000	30000	50000
	2	200000	170000	350000	300000
V <sub>ij</sub>	۱	200	200	200	200
	2	75	76	75	75
			۱		۲



hi	180,000	150,000		
wi	7.85	0.38		
W		۲۱۹۰۰		

تقاضا	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴
۱	70	75	65	80
۲	140	150	130	145

### حل مدل

برخی مسائل آنقدر پیچیده‌اند که نمی‌توان از روش‌های حل متداول برای رسیدن به جواب بهینه استفاده نمود، بلکه باید به جواب رضایت بخش اکتفا کرد. در این موارد می‌توان از روش‌های ابتکاری که بر مبنای یکسری ایده‌های منطقی پایه‌گذاری شده و لزوماً به دنبال جواب بهینه نیستند استفاده کرد. اما روش‌های فراابتکاری، ابتکاری خاص برای تناسب با نوع خاصی از مساله فراهم می‌آورند. این روش‌ها جهت یافتن آرایش بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

الگوریتم ژنتیک شامل طراحی افراد جوامع اولیه (کروموزوم)، انتخاب از بین بهترین افراد (بقای شایسته‌ترین‌ها) و تلاقی افراد نسل‌ها است. الگوریتم ژنتیک به علت بررسی مجموعه‌ای از جواب‌های ممکن و همچنین حساسیت کمتر نسبت به شکل خاصی از نقاط بهینه برای بهینه‌سازی چند هدفه مناسب می‌باشند. [۱۷]

بر اساس مفهوم چیرگی پارتو که اولین بار توسط ولفریدو پارتو در سال ۱۹۸۶ مطرح گردید، می‌توان معیار بهینگی در یک مساله چند هدفه را تعریف کرد. اولین بار گلدبرگ در سال ۱۹۸۹ با بکارگیری مفهوم بهینگی پارتو در الگوریتم ژنتیک چند هدفه، روش مرتب‌سازی جواب‌های نامغلوب را مطرح نمود. الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی جواب‌های نامغلوب بهبود یافته الگوریتم ژنتیک است و کاهش زمان محاسبات، افزایش کارایی و ضمناً مقایسه عملگر بدون نیاز به کاربر از محاسن این الگوریتم است. [۱۸]

در این پژوهش نیز به دلیل چند هدفه بودن مساله و همچنین محاسن ذکر شده در مورد روش الگوریتم چند هدفه مرتب‌سازی جواب‌های نامغلوب، از این روش به منظور حل استفاده شده است. در حل به روش الگوریتم ژنتیک چندهدفه مرتب‌سازی نامغلوب (NSGA-II) می‌بایست سه مفهوم غلبه کردن، مرتب‌سازی جواب‌های نامغلوب و حفظ تنوع جوابها مورد توجه قرار بگیرد. به این سه مفهوم فرایند چند هدفه حل گفته می‌شود.

در مفهوم غلبه به این نکته اشاره می‌شود که " در یک مساله کمینه سازی با بیش از یک تابع هدف می‌گوییم نقطه  $X$  بر نقطه  $Y$  غلبه می‌کند، اگر و تنها اگر  $Y$  از هیچ نظر بهتر از  $X$  نباشد و  $X$  حداقل از یک نظر اکیدا بهتر از  $Y$  باشد". نقاطی که دارای این شرایط باشند به عنوان جبهه اول در نظر گرفته می‌شوند. در مفهوم مرتب سازی جوابهای نامغلوب باید گفت که، زمانی که برای حل مساله از یک الگوریتم چندهدفه استفاده می‌کنیم، به این معناست که حداقل دو تابع هدف مدنظر می‌باشد و دیگر به آسانی نمی‌توان در مورد بعضی از جواب‌ها نظر قطعی داد. در اکثر موارد، نقاطی یافت می‌شود که هیچ کدام بر دیگری برتری کامل ندارد و نمی‌توان با مفهوم غلبه، دو به دو بین آنها مقایسه‌ای انجام داد. لذا برای بدست آوردن بهترین جواب‌ها باید آنها را براساس یک معیار خاص مرتب کرد. در این الگوریتم به هر جواب یک رتبه اختصاص داده می‌شود که براساس تعداد مغلوب شدن آنها نسبت به سایر نقاط انجام می‌شود. در پایان الگوریتم، نقاطی که بهترین رتبه یعنی رتبه (جبهه) ۱ را دارا باشند به عنوان مجموعه جواب یا نقاط پارتوفرانانت انتخاب می‌شوند. مفهوم حفظ تنوع جوابها نیز به این مفهوم است که گاهی مجبور می‌شویم در بین اعضای یک مجموعه که رتبه یکسان دارند، مقایسه انجام بدهیم و برخی را حذف کنیم. این کار با استفاده از مفهوم حفظ تنوع پاسخ‌ها انجام می‌شود. به این معنی که، در حذف کردن چند عضو از یک مجموعه سعی میشود طوری عمل شود که در آن مجموعه، از هر بازه‌ای بطور منظم پاسخ وجود داشته باشد. عملگر این مرحله که با نام دیگر فاصله ازدحامی نیز شناخته می‌شود بصورت ریاضی زیر بیان می‌گردد.

$$d_i = \frac{|f_1^{i+1} - f_1^{i-1}|}{f_1^{max} - f_1^{min}}$$

در این عملگر هر نقطه‌ای که فاصله ازدحامی بیشتری داشته باشد، بدین معنی است که محدوده‌ای بیشتری را پوشش می‌دهد و حذف آن منجر به از دست رفتن تنوع جواب در محدوده وسیعی از پاسخ‌ها میشود. لذا نقاطی از مجموعه جواب در یک جبهه که دارای فاصله ازدحامی کمتر هستند، به میزانی که جمعیت اولیه ثابت بماند باید حذف شوند. همچنین نقاط ابتدایی و انتهایی مربوط به این مجموعه، نقاط مهمی هستند که باید حتما در بین جواب‌ها وجود داشته باشند و حذف نشوند.



### تشکیل جمعیت اولیه

در این پژوهش اندازه جمعیت ۳۰ در نظر گرفته شده و تعداد تکرارها را ۱۰۰ تکرار قرار دادیم. به منظور عمل تقاطع و جهش نیز به صورت‌های زیر عمل شد  
برای عملگر تقاطع در مدل طراحی شده در الگوریتم ازدو روش استفاده شده است که هر کدام بصورت تصادفی انتخاب می‌گردند.

روش اول: روش تک نقطه‌ای<sup>۲</sup>

روش دوم: روش دو نقطه‌ای<sup>۲</sup>

برای عملگر جهش در مدل نیز از دو روش استفاده شده است که این دو نیز هر کدام بصورت تصادفی انتخاب می‌گردند.

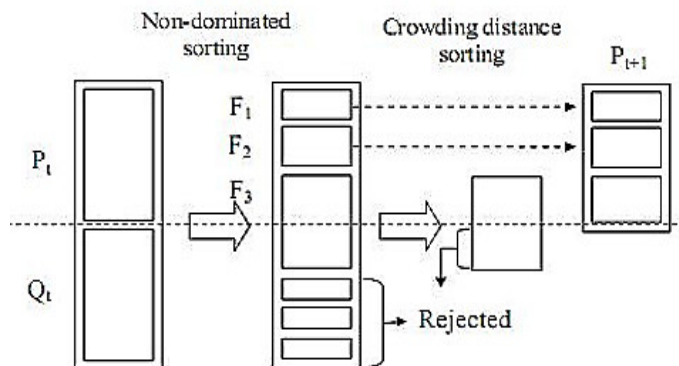
روش اول: روش Swap

در این روش دو مقدار انتخاب شده و موقعیت آن دو با هم عوض می‌گردد. مطابق شکل رو به رو

روش دوم: روش Reversion

این روش بدین صورت عمل می‌کند که دو مقدار را انتخاب کرده و موقعیت مقادیر بین آن دو را معکوس می‌کند.

### انجام عملیات چندهدفه



شکل ۱ نحوه عملکرد الگوریتم در مرحله انتخاب جواب‌ها

همانطور که ملاحظه می‌شود، از شروع عملیات چند هدفه، دو دسته جواب وجود دارد. یک دسته جمعیت والدین از مرحله قبل که در شکل با  $P_t$  مشخص شده و دسته دیگر جمعیت فرزندان حاصل از عملکرد دو عملگر تقاطع و جهش بر روی والدین که با  $Q_t$  مشخص شده است. حال باید از بین این دو جمعیت، عده‌ای را جهت ثابت نگه داشتن تعداد جمعیت اولیه برای آغاز سیکل بعدی حذف کرد. این روش با استفاده از مفاهیم ذکر شده در بالا یعنی مفهوم غلبه، مرتب سازی جواب‌های نامغلوب و مفهوم حفظ تنوع جواب‌ها انجام می‌گیرد.

#### مرتب نمودن جواب‌ها

پس از اعمال عملگرهای مرتب سازی نامغلوب و فاصله ازدحامی، در نهایت جواب‌هایی باقی خواهد ماند که ابتدا دارای رتبه بالاتری بوده و در صورتی که رتبه برابری داشته باشد مقدار فاصله ازدحامی بیشتری داشته باشد.



جدول ۲ مقادیر  $Y_{ijt}$

$Y_{ijt}$	مقدار			$Y_{ijt}$	مقدار		
$Y_{111}$	۱	۱	۱	$Y_{211}$	۱	۱	۱
$Y_{112}$	۱	۱	۱	$Y_{212}$	۱	۱	۱
$Y_{113}$	۱	۱	۱	$Y_{213}$	۱	۱	۱
$Y_{114}$	۱	۱	۱	$Y_{214}$	۱	۰	۱
$Y_{121}$	۱	۱	۱	$Y_{221}$	۱	۱	۱
$Y_{122}$	۱	۱	۱	$Y_{222}$	۱	۱	۱
$Y_{123}$	۱	۱	۱	$Y_{223}$	۱	۱	۱
$Y_{124}$	۱	۱	۱	$Y_{224}$	۱	۱	۱
$Y_{131}$	۱	۰	۰	$Y_{231}$	۱	۰	۱
$Y_{132}$	۱	۱	۰	$Y_{232}$	۰	۱	۱
$Y_{133}$	۱	۱	۰	$Y_{233}$	۱	۱	۰
$Y_{134}$	۱	۱	۰	$Y_{234}$	۱	۱	۱
$Y_{141}$	۰	۱	۰	$Y_{241}$	۰	۰	۰
$Y_{142}$	۰	۱	۰	$Y_{242}$	۰	۱	۰
$Y_{143}$	۰	۱	۰	$Y_{243}$	۰	۰	۱
$Y_{144}$	۱	۰	۰	$Y_{244}$	۰	۰	۰

جدول ۳ مقادیر  $X_{ijt}$

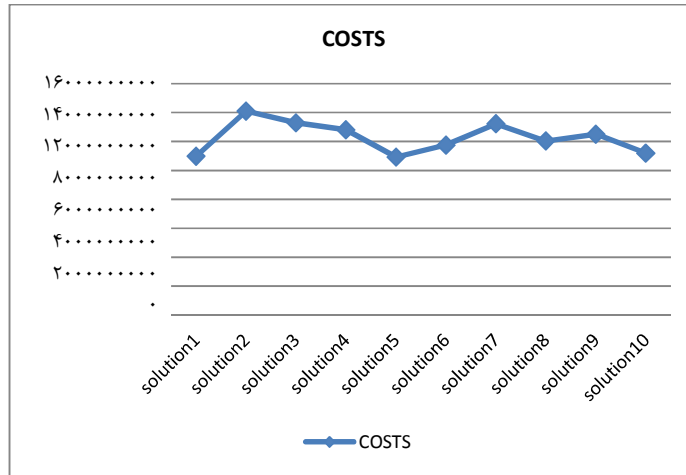
$X_{ijt}$	Sol۱	Sol۲	Sol۳	$X_{ijt}$	Sol۱	Sol۲	Sol۳
$X_{111}$	۵۱	۱۹	۴۱	$X_{211}$	۴۰	۵۲	۲۱
$X_{112}$	۳۵	۱۰	۵۷	$X_{212}$	۳۰	۵۱	۳۲
$X_{113}$	۳۴	۱۹	۴۱	$X_{213}$	۲۲	۹	۲۴
$X_{114}$	۲۸	۳۸	۵۲	$X_{214}$	۳۳	۰	۴۲
$X_{121}$	۲۳	۴۸	۳۷	$X_{221}$	۹۳	۱۰۴	۸۸
$X_{122}$	۲۰	۳۸	۲۲	$X_{222}$	۱۱۰	۸۹	۱۰۳
$X_{123}$	۲۸	۳۹	۳۰	$X_{223}$	۸۴	۷۹	۱۲۰
$X_{124}$	۳۶	۲۵	۳۴	$X_{224}$	۱۰۱	۱۰۴	۹۰

ادامه جدول ۳

$X_{ijt}$	Sol۱	Sol۲	Sol۳	$X_{ijt}$	Sol۱	Sol۲	Sol۳
$X_{۱۳۱}$	۵	۰	۰	$X_{۲۳۱}$	۲۵	۰	۴۹
$X_{۱۳۲}$	۲۳	۲۵	۰	$X_{۲۳۲}$	۰	۲۴	۴۳
$X_{۱۳۳}$	۵	۸	۰	$X_{۲۳۳}$	۳۶	۵۳	۰
$X_{۱۳۴}$	۱۰	۲۰	۰	$X_{۲۳۴}$	۳۸	۵۱	۲۰
$X_{۱۴۱}$	۰	۱۰	۰	$X_{۲۴۱}$	۰	۰	۰
$X_{۱۴۲}$	۰	۸	۰	$X_{۲۴۲}$	۰	۹	۰
$X_{۱۴۳}$	۰	۴	۰	$X_{۲۴۳}$	۰	۰	۳
$X_{۱۴۴}$	۱۲	۰	۰	$X_{۲۴۴}$	۰	۰	۰

جدول ۴ مقادیر بهینه تابع هدف

توابع هدف	تابع هدف ۱	تابع هدف ۳
solution۱	۱۰.۹۸۰.۱۲۰.۰۰۰	۱۰.۸۸۹
solution۲	۱۴.۱۰۳.۸۴۰.۰۰۰	۳۱.۹۱۵
solution۳	۱۳.۲۹۲.۴۶۵.۰۰۰	۴۸.۹۲۳
solution۴	۱۲.۸۲۱.۳۲۰.۰۰۰	۳۴.۸۹۵
solution۵	۱۰.۹۲۰.۱۰۰.۰۰۰	۲۰.۹۰۳
solution۶	۱۱.۷۵۳.۲۰۰.۰۰۰	۱۸.۹۱۲
solution۷	۱۳.۲۲۲.۱۷۰.۰۰۰	۰۲.۸۸۴
solution۸	۱۲.۰۳۲.۸۰۰.۰۰۰	۵۳.۹۳۲
solution۹	۱۲.۵۰۴.۲۱۰.۰۰۰	۹۷.۹۰۱
solution۱۰	۱۱.۱۹۳.۰۰۰.۰۰۰	۴۴.۸۹۱



نمودار ۱ نتایج حاصل از حل مدل برای تابع هدف اول



نمودار ۲ نتایج حاصل از حل مدل برای تابع هدف اول



### اعتبار سنجی مدل

برای بررسی اعتبار و کارایی مدل طراحی شده در این پژوهش از الگوریتم فرابتکاری دیگری به نام بهینه سازی انبوه ذرات<sup>۴</sup> استفاده می‌نماییم. در ابتدا کلیات این الگوریتم توضیح داده شده و سپس به مقایسه نتایج حاصل از این دو الگوریتم می‌پردازیم.

#### الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات

الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات بر اساس قوانین حاکم بر حرکت گروه‌های پرندگان و ماهیان نشأت گرفته است. در این حرکت گروهی، هر ذره تلاش می‌کند فاصله خاصی را نسبت به دیگر ذرات گروه ایجاد نموده و به مرور آن را بهبود بخشد. برای این هدف، هر ذره از سابقه حرکت‌های موفق و مؤثر گذشته خود که در حافظه اش ذخیره کرده است، بهره می‌برد. [۱۹]

برای درک بهترین تکنیک، سناریوی زیر را در نظر بگیرید:

"دسته‌ای پرنده به طور تصادفی در محدوده خاصی به دنبال غذا می‌گردند. در این محدوده فقط به تکه غذا وجود دارد و پرندگان هم از محل این غذا خبر ندارند، ولی در هر لحظه فاصله خود را با غذا می‌دانند."

در این حالت یک استراتژی مناسب برای یافتن محل دقیق غذا، دنبال کردن آن پرنده‌ای است که از بقیه پرندگان به غذا نزدیک تر است. در واقع PSO هم از چنین سناریوی الهام گرفته و راه حلی برای مسائل بهینه سازی ارائه می‌دهد. در PSO هر پرنده یک راه حل برای مسئله می‌باشد. تمام پاسخ‌های موجود دارای یک مقدار شایستگی<sup>۵</sup> هستند که آن را از روی تابع شایستگی تعریف شده برای مسئله بدست می‌آورند. هدف این تکنیک یافتن محلی است که دارای بهترین مقدار شایستگی در فضای مسئله می‌باشد. این مقدار شایستگی در جهت و سرعت حرکت این پرندگان (پاسخ‌های مسئله) به سمت محل غذا (پاسخ بهینه) تأثیر مستقیم دارد. [۱۹]

هر ذره در الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات از سه بردار  $d$  بعدی تشکیل شده است ( $d$ ، بعد فضای جستجو می‌باشد). برای ذره  $i$ ام این سه بردار عبارتند از:

$x_i$ : موقعیت فعلی ذره

$v_i$ : سرعت حرکت ذره

$p_i$ : بهترین موقعیتی که ذره تا بحال تجربه کرده است.

$\bar{p}_i$ : بهترین مکانی که تا کنون توسط پرندگان مجاور یافت گردیده است.



الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات چیزی فراتر از یک مجموعه ذرات است. هیچ کدام از ذرات قدرت حل هیچ مسئله‌ای را به تنهایی ندارند و تنها هنگامی می‌توانند مسأله را حل نمایند که با یکدیگر تعامل داشته باشند. در واقع برای انبوه ذرات، حل مسئله، یک مفهوم اجتماعی است که از رفتار تک تک ذرات و تعامل میان آن‌ها به وجود می‌آید. باین وجود تابع برانزنگی (شایستگی) مسئله مفروضی، تابع  $f$  باشد، مقادیر  $x_i$ ،  $v_i$ ،  $y_i$  و  $\bar{y}_i$  در هر مرحله به صورت زیر به روز رسانی می‌شوند:

$$\begin{cases} v_{i,j}(t+1) = \omega(t) * v_{i,j}(t) + r_{1,j}(t) * c_1 * (y_{i,j}(t) - x_{i,j}(t)) + r_{2,j}(t) * c_2 * (\bar{y}_j(t) - x_{i,j}(t)) \\ x_{i,j}(t+1) = x_{i,j}(t) + v_{i,j}(t) \end{cases}$$

$$y_i(t+1) = \begin{cases} y_i(t) & \text{if } f(x_i(t+1)) \geq f(y_i(t)) \\ x_i(t+1) & \text{if } f(x_i(t+1)) < f(y_i(t)) \end{cases}$$

در روابط بالا،  $w$  ضریب اینرسی،  $r_{1,j}$  و  $r_{2,j}$  اعداد تصادفی یکنواخت در فاصله (۰، ۱) و  $c_1$  و  $c_2$  اعداد ثابت می‌باشند که به ضرایب شتاب دهنده معروف بوده و به ترتیب، پارامتر ادراکی و پارامتر اجتماعی نامیده می‌شوند.  $c_1$  ضریب یادگیری مربوط به تجارب شخصی هر ذره است و در مقابل  $c_2$  ضریب یادگیری برای کل جامعه است.  $r_1$  و  $r_2$  باعث می‌شود که نوع گوناگونی در جواب‌ها به وجود بیاید و به این نحو جستجوی کامل تری روی فضا انجام گیرد. [۲۰]

همانطور که مشاهده می‌شود، موقعیت و سرعت پرندگان در هر مؤلفه ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) به صورت جداگانه به روز می‌گردد. سیستمی که در بالا توضیح داده شد، تمایل به گسترده شدن و دور شدن جواب‌ها از یکدیگر دارد. برای جلوگیری از این امر و پدیده همگرایی بیش از موعد، باید از افزایش بی اندازه سرعت جلوگیری نمود. روشی که غالباً استفاده می‌گردد این است که در زمان بروز رسانی مقدار سرعت هر یک از پرندگان، بیشینه‌ای را برای سرعت در نظر گرفت ( $v_{max}$ ). در صورتی که اندازه سرعت به بیش از این مقدار تجاوز نماید، از رابطه زیر استفاده میشود:

$$\text{if } v_{id} > V_{max} \quad \text{then } v_{id} = V_{max}$$

$$\text{else if } v_{id} < -V_{max} \quad \text{then } v_{id} = -V_{max}$$

قرار دادن بیشینه سرعت در الگوریتم شامل ضریب اینرسی ضروری نمی‌باشد، اما ممکن است مفید واقع شود. شبه کد الگوریتم بهینه سازی مجموع ذرات به صورت شکل ۳-۴ است:

```

For each particle
  Initialize particle
END
Do
  For each particle
    Calculate fitness value
    If the fitness value is better than the best fitness value ( $p_{best}$ ) in history
      set current value as the new  $p_{best}$ 
  End
  Choose the particle with the best fitness value of all the particles as the  $g_{best}$ 
  For each particle
    Calculate particle velocity according equation (22)
    Update particle position according equation (23)
  End
While maximum iterations or minimum error criteria is not attained
Terminate the algorithm when the convergence criterion is satisfied
    
```

شکل ۲ شبه کد الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات

### نتایج بهینه سازی انبوه ذرات

پس از اجرا الگوریتم نتایج حاصل را به صورت زیر تفسیر می‌نماییم:

ماتریس‌های مربوط به تامین کنندگانی که در هر دوره سفارش تخصیص یافته است مطابق با جداول زیر می‌باشد. لازم به ذکر است که این جواب، برابر با بهترین جواب از مجموعه جواب‌های پارتو حاصل از یک بار اجرا می‌باشد.

جدول ۵ مقادیر  $Y_{ijt}$

$Y_{ijt}$	مقدار	مقدار	مقدار	$Y_{ijt}$	مقدار	مقدار	مقدار
$Y_{111}$	۱	۱	۱	$Y_{211}$	۱	۱	۱
$Y_{112}$	۱	۱	۱	$Y_{212}$	۱	۱	۱
$Y_{113}$	۱	۱	۱	$Y_{213}$	۱	۱	۱
$Y_{114}$	۱	۱	۱	$Y_{214}$	۱	۱	۱
$Y_{121}$	۱	۱	۱	$Y_{221}$	۱	۱	۱
$Y_{122}$	۱	۱	۱	$Y_{222}$	۱	۱	۱



ادامه جدول ۵

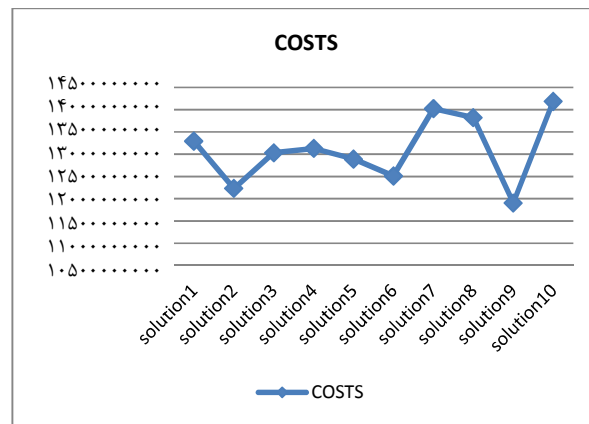
$Y_{ijt}$	مقدار	مقدار	مقدار	$Y_{ijt}$	مقدار	مقدار	مقدار
$Y_{111}$	۱	۱	۱	$Y_{222}$	۱	۱	۱
$Y_{112}$	۱	۱	۱	$Y_{223}$	۱	۱	۱
$Y_{113}$	۱	۱	۱	$Y_{224}$	۱	۱	۱
$Y_{114}$	۱	۱	۱	$Y_{231}$	۱	۱	۱
$Y_{121}$	۱	۱	۱	$Y_{232}$	۱	۱	۱
$Y_{122}$	۱	۱	۱	$Y_{233}$	۰	۱	۱
$Y_{123}$	۱	۰	۱	$Y_{234}$	۱	۱	۱
$Y_{124}$	۰	۱	۱	$Y_{241}$	۱	۰	۰
$Y_{131}$	۰	۰	۱	$Y_{242}$	۰	۱	۰
$Y_{132}$	۱	۰	۱	$Y_{243}$	۰	۰	۱
$Y_{133}$	۱	۱	۰	$Y_{244}$	۰	۱	۰

جدول ۶ مقادیر  $X_{ijt}$

$X_{ijt}$	Sol <sub>۱</sub>	Sol <sub>۲</sub>	Sol <sub>۳</sub>	$X_{ijt}$	Sol <sub>۱</sub>	Sol <sub>۲</sub>	Sol <sub>۳</sub>
$X_{111}$	۴۸	۵۳	۲۹	$X_{211}$	۴۲	۱۴	۳۲
$X_{112}$	۵۳	۷۱	۶۵	$X_{212}$	۴۰	۳۱	۲۰
$X_{113}$	۳۸	۴۰	۵۲	$X_{213}$	۲۸	۵۳	۲۷
$X_{114}$	۳۱	۴۴	۳۸	$X_{214}$	۳۸	۴۰	۱۱
$X_{121}$	۳۲	۲۷	۲۷	$X_{221}$	۷۳	۸۵	۱۰۱
$X_{122}$	۲۱	۱۲	۱۸	$X_{222}$	۸۸	۱۰۵	۹۳
$X_{123}$	۲۳	۳۲	۲۱	$X_{223}$	۱۱۵	۷۴	۸۳
$X_{124}$	۲۳	۳۲	۳۰	$X_{224}$	۷۸	۶۸	۹۲
$X_{131}$	۲۰	۱۰	۱۸	$X_{231}$	۱۱	۲۲	۸
$X_{132}$	۱۰	۵	۷	$X_{232}$	۲۱	۱۰	۳۳
$X_{133}$	۱۸	۸	۱۲	$X_{233}$	۰	۹	۱۸
$X_{134}$	۱۱	۰	۱۴	$X_{234}$	۳۹	۲۱	۳۰
$X_{141}$	۰	۲	۱	$X_{241}$	۲	۰	۰
$X_{142}$	۰	۰	۳	$X_{242}$	۰	۱۲	۰
$X_{143}$	۲	۰	۳	$X_{243}$	۰	۰	۴
$X_{144}$	۱۷	۷	۰	$X_{244}$	۰	۱۰	۰

جدول ۷ مقادیر بهینه تابع هدف

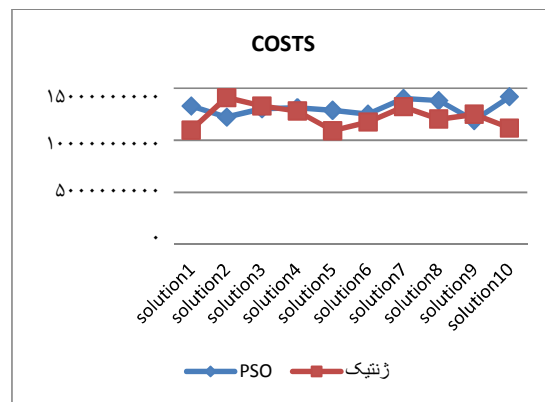
توابع هدف	تابع هدف ۱	تابع هدف ۳
solution۱	۱۳,۲۹۲,۳۸۰,۰۰۰	۱۲,۹۱۱
solution۲	۱۲,۲۳۰,۸۲۰,۰۰۰	۷۴,۸۹۷
solution۳	۱۳,۰۳۲,۲۵۰,۰۰۰	۹۹,۸۵۲
solution۴	۱۳,۱۲۹,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۹۰۳
solution۵	۱۲,۸۹۰,۱۰۰,۰۰۰	۶۹,۸۸۳
solution۶	۱۲,۵۱۲,۳۲۰,۰۰۰	۰۴,۹۰۷
solution۷	۱۴,۰۲۱,۹۱۰,۰۰۰	۷۱,۸۸۱
solution۸	۱۳,۸۲۳,۰۰۰,۰۰۰	۳۳,۸۶۸
solution۹	۱۱,۹۰۳,۳۰۰,۰۰۰	۳۶,۹۱۰
solution۱۰	۱۴,۱۸۴,۲۰۰,۰۰۰	۰۷,۸۷۹



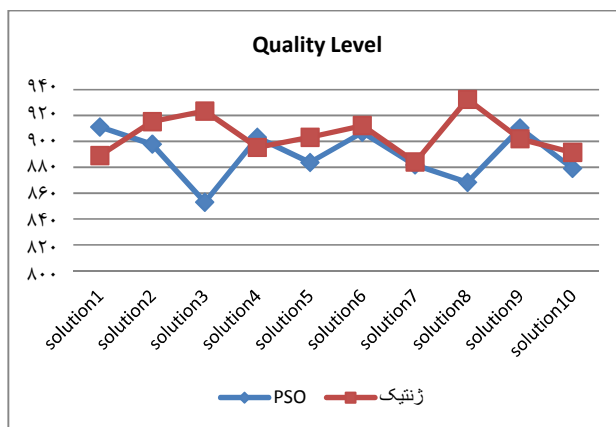
نمودار ۳ نتایج حاصل از حل مدل برای تابع هدف اول (روش PSO)



نمودار ۴ نتایج حاصل از حل مدل برای تابع هدف دوم (روش PSO)



نمودار ۵ مقایسه روش‌های ژنتیک و PSO در تابع هدف اول



نمودار ۶ مقایسه روش‌های ژنتیک و PSO در تابع هدف دوم

#### ۴- پی‌نوشت‌ها

1. Just In Time
2. single point crossover
3. two point crossover
4. PSO
5. Fitness Value

#### ۵- نتیجه‌گیری

انتخاب تأمین‌کننده مناسب و تخصیص مقدار سفارش از هر کدام از آنها یکی از مهم‌ترین عناصر تأثیرگذار در افزایش کارایی و اثربخشی هر زنجیره تأمین بوده و فرآیند پیچیده‌ای که در بر گیرنده معیارهای کمی و کیفی است، را شامل می‌شود. این تحقیق به منظور شناسایی تأمین‌کنندگان مناسب برای سفارش دهی مواد اولیه در شرکت مروارید پنبه ریز بوشهر صورت گرفت. از نتایج قابل توجه این پژوهش کاهش چشم‌گیر هزینه‌های موجود بود، بطوری که شرکت در هر بار سفارش به میزانی تقریباً ۱۰٪ بیشتر از نتایج بدست آمده از مدل متحمل می‌شد. در مورد نتایج حاصل از حل مدل و اعتبار سنجی همانطور که در نمودارها مشاهده شد، جوابهای بدست آمده از هر دو روش حل تقریباً نزدیک به هم بودند. در زمینه پیشنهادات اجرایی از این پژوهش می‌توان به استفاده از همین مدل برای تعیین میزان سفارش از هر تأمین‌کننده توسط شرکت مروارید پنبه ریز و همچنین شرکت‌هایی که در این حزه



مشغول به فعالیت هستند اشاره کرد. در زمینه پژوهش‌های آتی، می‌توان اهداف دیگری را نیز به این مدل اضافه کرده و یا از روش‌های دیگری برای سادگی در حل مدل استفاده کرد.

## ۶- منابع

- [1] Van Weel, A., Purchasing and Supply Chain Management (Analysis, Planning and Methods), Publication of Esfahan. 2003.
- [2] Olfat, L, Afsar, A., Lot Sizing Problem and Supplier Selection with Genetic Algorithm Method, the Second National Conference on Logistics and Supply Chain. 2006.
- [3] Geringer, J. M. Joint venture partner selection: Strategies for developed countries. Westport: Quorum Books. 1988.
- [4] Aissaoui N, Haouari M, Hassini E. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Computers & Operations Research* 34, 2007, pp. 3516-3540.
- [5] Garfamy, R. M. A data envelopment analysis approach based on total cost of ownership for supplier selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 19(6), 2006, pp. 662-678.
- [6] Hoshmandimaher, M., Supplier Selection and Order Allocation Model for the Supply Chain under Uncertainty. Thesis in Production and Operations Management, Allameh Tabatabai University. 2012.
- [7] Cebi F., Bayraktar D. "An integrated approach for supplier selection", *Journal of Logistic Information Management*, Vol. 16, No. 6, 2003, pp. 395- 400.
- [8] Bevilacqua M. and Petroni A. From Traditional Purchasing to Supplier Management: A Fuzzy Logic Based Approach to Supplier Selection *International Journal of Logistics*, Vol. 5, No. 3, 2002, pp. 235- 255.
- [9] Saaty T. H. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *Journal of Interfaces*, Vol. 24, No. 6, 2004, pp. 19- 43.
- [10] Kumar M., Vrat P. and Shankar R. A fuzzy goal programming approach for



- vendor selection problem in a supply chain, *Journal of Computers & Industry Engineering*, Vol. 46, 2004, pp. 69- 85.
- [11] Xia W., Wu Z., Supplier Selection With Multiple Criteria in Volume Discount Environments, *Omega*. 2005.
- [12] Lee, A., Kang, H. Y., Hong, W. Y., "An integrated model for lot sizing with supplier selection and quantity discounts", *Applied Mathematical Modelling*. 37 2013, pp. 4733–4746.
- [13] Senyigit, E., Soylemez, I., "The analysis of heuristics for lot sizing with supplier selection Problem", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 62, 2012, pp. 672 – 676.
- [14] Rezaei, J., Davoodi, M., Multi-objective models for lot-sizing with supplier selection, *Int. J. Production Economics* 130, 2011, pp. 77–86.
- [15] Rabbani, A., (1390), using fuzzy logic to multi-product lot sizing problem with constraint capacity in MRP system, *Journal of Industrial Management*, Islamic Azad University of Sanandaj, Fifth year, No. 15, 2011.
- [16] Razmi, J., Mohammad Ebrahim, R., Haleh, H., Scatter search algorithm for supplier selection and order lot sizing under multiple price discount environment, *Advances in Engineering Software*. 40 (2009), 2009, pp. 766–776.
- [17] Srinivas, N., Deb, K., "Multiobjective Optimization using nondominated sorting in genetic algorithm", *Evolutionary Computation*, Wiley, New York, 1994
- [18] Goldberg, D., "Genetic algorithm in search, optimization and machine learning", Addison-Wesely. 1989.
- [19] Kennedy, J. and Eberhart, R. C. "Particle swarm optimization", *IEEE International Conference on Neural Networks*, Perth, Australia, 1995, pp. 8491–8491.
- [20] Liao, C. J., Tseng, C. -T. and Luarn, P. "A discrete version of particle swarm optimization for flow shop scheduling problems", *Computers & Operations Research*, 84, 2011, pp. 8111–8000.