



ارائه مدل ریاضی انتخاب تامین کننده تولید در زنجیره تامین با رویکرد الگوریتم زنبور عسل

تاج الدین ارم

گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
Eram135@yahoo.Com

ناصر فقهی فرهمند

گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)
farahmand@iaut.ac.ir

یعقوب علوی متین

گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
alavimatin@iaut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۰۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۲

چکیده

انتخاب تامین کنندگان مناسب و تخصیص سفارش به آنها یکی از فعالیت های مهم استراتژیکی مدیریت زنجیره تامین می باشد، هدف از این پژوهش ارائه یک مدل ریاضی برای انتخاب تامین کننده تولید در زنجیره تامین در چارچوب روش های پژوهش عملیاتی در واحدهای تولیدی صنایع لبنیاتی شهرستان ماکو بود، مدل بصورت برنامه ریزی خطی با مفروضاتی از قبیل تامین یک نوع مواد (شیر)، با شرایط لازم و یکسان کیفیت، تحویل به موقع، تعهدات و الزامات زیست محیطی برای همه تامین کننده ها طرح گردید، در این مدل پارامترهایی مانند هزینه خرید شیر، هزینه حمل و نقل، میزان خرید شیر، تعداد تامین کننده های شیر، ظرفیت تولیدی، حداقل شیر موردنیاز در نظر گرفته شده اند. اهداف این تحقیق شامل مینیمم سازی هزینه های تامین شیر، تامین حداقل شیر موردنیاز و انتخاب تامین کننده مناسب شیر می باشد. روش تحقیق توصیفی ریاضی از حیث هدف کاربردی و ابزار گردآوری اطلاعات اسناد و مدارک، مصاحبه از کارشناسان و مدیران تولید استفاده شد. برای تعیین حجم نمونه، از روش نمونه گیری خوشه ای و به شیوه تصادفی انتخاب شد، با توجه به پیچیدگی حل مساله، از رویکرد الگوریتم فراابتکاری زنبورعسل با بهره گیری از نرم افزار متلب استفاده شد. نتایج حاصل از یافته ها نشان داد که با رویکرد الگوریتم زنبورعسل، تامین کننده های مناسب شیر در زنجیره تامین انتخاب گردیدند بطوری که هزینه تامین شیر مینیمم شد و حداقل مواد موردنیاز (شیر)، توسط تامین کننده ها برآورد شد. نتیجه می گیریم الگوریتم زنبورعسل پیشنهادی عملکرد قابل قبولی در مدت زمان مناسبی می باشد.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تامین، انتخاب تامین کننده، مدل ریاضی، الگوریتم زنبورعسل، هزینه خرید و هزینه حمل و نقل.

۱- مقدمه

امروزه شرکت‌ها مجبور هستند برای ارتقای کیفیت محصول خود، همکاری‌های گسترده و مدیریت تنگاتنگی با دیگر شرکت‌های درگیر در زنجیره تأمین محصول داشته باشند. افزایش تنوع در تقاضای مشتریان، پیشرفت‌های اخیر فناوری در ارتباطات و سیستم‌های اطلاعاتی، رقابت در عرصه جهانی و افزایش قوانین و مقررات دولتی، سازمان‌ها را ملزم به تمرکز بر زنجیره تأمین کرده است (آذر، ۱۳۹۵). در عصر کنونی، شرکتها با چالش‌ها و فشارهای شدید بازار رقابتی، شامل جهانی سازی، رقابت و همکاری، تنوع نیازهای مشتریان، و چرخه کوتاه عمر محصول روبرو هستند. در نتیجه، زنجیره تأمین به عنوان یک اصل مهم مورد توجه مدیران شرکتها قرار گرفته است. به عبارتی، مدیران عالی علاوه بر تمرکز بر فعالیت‌های داخلی شرکت، به ارتباطات و تعاملات مناسب و به هنگام با تأمین کنندگان و مشتریان خود توجه خاصی مبذول می‌کنند و در تلاش هستند به نحوی مؤثر و کارا، زنجیره تأمین مربوط به محصولات خود را مدیریت نمایند. به عبارت دیگر، تلاش در جهت بهینه سازی فرآیندهای سازمانی بدون در نظر گرفتن تأمین کنندگان و مشتریان امری بی فایده به نظر می‌رسد و سازمان‌هایی که با همکاری یکدیگر در جهت اهداف مشترک گام برمی‌دارند، دارای عملکرد بهتری هستند (شیخی، ۱۳۹۱). با جهانی شدن بازار محصولات و رشد اقتصاد جهانی، سازمانها برای بقای خود نیازمند مکانیزم‌های جدید و به روزی شدند که بتواند الزامات آنها را تأمین کنند. در سال‌های اخیر سازمانها دریافته‌اند که به منظور حفظ مشتریان و توسعه بازار خود ملزم به افزایش کیفیت و کاهش قیمت محصول به صورت همزمان هستند. در گذشته شبکه زنجیره تأمین از بخش‌های مختلفی تشکیل شده بود که هر کدام فعالیت مستقلی داشتند و اهداف جداگانه‌ای را دنبال می‌کردند که گاه اوقات این اهداف با یکدیگر در تضاد بودند. از این رو نیاز به مکانیزمی برای یکپارچه سازی این اهداف و کارکردها بود. مدیریت زنجیره تأمین چنین یکپارچگی را برای سازمانها دست یافتنی می‌کند (Altiparmak & et al, 2006, 195-216). در دهه اخیر چگونگی تعیین مناسب ترین تأمین کننده به عنوان یک عامل استراتژیک

در زنجیره تأمین مورد توجه قرار گرفته است. ماهیت این نوع تصمیم‌ها معمولاً پیچیده و فاقد ساختار مشخصی است و بسیاری از معیارهای عملکرد کمی و کیفی از قبیل، کیفیت، قیمت، انعطاف پذیری و زمان تحویل باید برای تعیین مناسب ترین تأمین کننده مورد توجه قرار گیرد (خان محمدی، ۱۳۹۲). بنابراین در این پژوهش مدلی برای انتخاب تأمین کنندگان مواد اولیه مانند شیر در در واحدهای تولیدی صنایع لبنیاتی شهرستان ماکو با استفاده از رویکرد الگوریتم فراابتکاری زنبورعسل تشریح می‌شود و پس از بیان و بررسی چنین مسئله‌ای، اهداف و مسئله‌های پژوهشی و روش پژوهش تعریف می‌شوند.

۲- بیان مسأله

اخیراً مدیریت زنجیره تأمین و فرایند انتخاب تأمین کنندگان در متون مدیریت مورد توجه خاصی قرار گرفته است و از عوامل مهم بقا در محیط پرقابته امروزی، کاهش هزینه‌های تولید محصول است. انتخاب تأمین کنندگان مناسب می‌تواند به شکل عمده‌ای هزینه‌های خرید را کاهش و قابلیت رقابت پذیری سازمان را افزایش دهد، چرا که در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده محصول را در بر می‌گیرد (نژادی، ۱۳۹۳). انتخاب تأمین کنندگان مناسب و تخصیص سفارش به آنها یکی از فعالیت‌های مهم استراتژیکی مدیریت زنجیره تأمین می‌باشد و در مرحله توسعه انجام می‌شود (رزازی و دیگران، ۱۳۹۳). انتخاب تأمین کننده موضوع مهمی در زنجیره تأمین محسوب می‌شود، بگونه‌ای که تولید کنندگان ۶۰ درصد از زمان خود را صرف تأمین مواد اولیه، اجزا و قطعات می‌کنند، بعلاوه اینکه ۷۰ درصد از هزینه‌های تولیدی مربوط به خرید کالا و خدمات می‌شود (شفیعی، ۱۳۹۰). انتخاب تأمین کننده، فرایند تعیین، ارزیابی و بستن قرارداد با تأمین کنندگان است و منابع مالی زیادی از زنجیره تأمین را به خود اختصاص می‌دهد، امروزه تقریباً نصف درآمد زنجیره تأمین صرف خرید خدمات، مواد خام و اجزا می‌شود. بنابراین، موفقیت زنجیره تأمین بستگی به ارتباط با تأمین کنندگان دارد و نقش واحد خرید بسیار اهمیت پیدا می‌کند. فرایند انتخاب تأمین

- ۱) آیا انتخاب تامین کننده مواد اولیه در زنجیره تامین را با استفاده از مدل ریاضی، می توان فرمول بندی کرد؟
- ۲) آیا انتخاب تامین کننده مواد اولیه در زنجیره تامین را با استفاده از الگوریتم زنبور عسل، می توان حل نمود؟
- ۳) آیا هزینه های واحد تولیدی را با مدل طرح شده انتخاب تامین کننده مواد در زنجیره تامین، می توان کاهش داد؟
- ۴) آیا حداقل مواد مورد نیاز را با مدل طرح شده انتخاب تامین کننده مناسب مواد، می توان تامین نمود؟

۳- مبانی نظری

زنجیره تامین، زنجیره ای است که تمامی فعالیت های مرتبط با جریان و تبدیل کالا را از مرحله ی ورود مواد خام، تولید قطعات، مونتاژ قطعات تا تحویل به مصرف کننده ی نهایی را شامل می گردد (Errtugrul Karsak & Dursun, 2015). در دهه هشتاد میلادی، سازمان ها جهت دست یابی به مزیت رقابتی پایدار، بیشتر روی سیستم هایی مانند تولید به هنگام، مدیریت کیفیت جامع و غیره تمرکز داشتند. اما از آنجایی که این مزایای رقابتی به وسیله رقبا تقلید می شدند، از پایداری لازم برخوردار نبودند. در واقع تلاش برای بهینه سازی فرآیندهای سازمانی بدون در نظر گرفتن شرکت های بیرونی، به خصوص تامین کنندگان و مشتریان امری بی فایده به نظر می رسید و سازمان هایی که با همکاری یکدیگر در جهت اهداف مشترکی گام برمی داشتند، عملکرد بهتری داشتند. اینجا بود که مفهوم زنجیره تامین متولد شد (Srvulaki, 2010) & Davis, 2010). زنجیره تامین، شامل تمام شرکت کنندگانی است که برای برآوردن تقاضای مشتری نهایی تلاش می کنند. بنابراین مدیریت زنجیره تامین، مجموعه وسیعی از کلیه فرایندهای بین تامین کنندگان مواد اولیه (بالادست) و مصرف کنندگان در پایین (پایین دست) را شامل می شود. این فرایندها در سه گروه حمل و نقل کالا (جریان مواد پایین دست)، یافتن منابع جریان اطلاعات بالادست و فعالیت های داخلی (برای مثال تولید، مونتاژ،

کنندگان شامل چهار گام اساسی تعریف مسئله، فرموله سازی معیارهای تصمیم، انتخاب پیشین تامین کنندگان بالقوه و انتخاب نهایی می باشد (رزازی و دیگران، ۱۳۹۳). یک انتخاب تامین کننده موثر به مدل های تجزیه و تحلیلی توانمند و ابزارهای پشتیبانی تصمیم گیری برای توانایی ایجاد توازن بین معیارهای چندگانه ذهنی و عینی نیازمند است (Bhattacharya & et al, 2010). بنابراین فرآیند انتخاب تامین کننده با اهمیت ترین متغیر در مدیریت موثر شبکه زنجیره تامین مدرن است چرا که در دستیابی به محصولات با کیفیت بالا و رضایت مشتری کمک شایانی می کند (Gonzalez & et al, 2004).

مسأله از این ناشی می شود که در واحدهای تولیدی صنایع لبنیاتی شهرستان ماکو و به طور موردی، کارخانه نیزار تولید پنیر ليقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی، که با تامین کنندگان بیشتری برای خرید شیر مواجه هستند و از سوی دیگر تامین کنندگان شیر با محدودیت ظرفیت تولید شیر مواجهند، چگونه مدلی ریاضی را طراحی نمود که تامین کننده مناسب شیر را انتخاب نمود، بطوریکه هم هزینه خرید و هم هزینه حمل و نقل شیر که در مجموع هزینه تامین شیر را حداقل نماید. لذا این پژوهش، مسئله انتخاب تامین کننده را در چارچوب یک روش تحقیق در عملیات، مدل سازی نموده، و از سوی دیگر این مسأله هم مطرح می شود در یک فضای با تعداد زیاد تامین کنندگان شیر، چگونه مدل مطرح شده قابل حل باشد، استفاده از رویکرد فراابتکاری الگوریتم زنبور عسل به منظور حل مسئله انتخاب تامین کننده ارائه می گردد. در دهه ۹۰ میلادی الگوریتم های فراابتکاری با الگوبرداری از طبیعت مطرح و استفاده از این الگوریتم ها برای حل مسایل پیچیده آغاز شد. الگوریتم های فراابتکاری به جواب های تقریبی در همسایگی نقاط بهینه دست می یابند هر چند نمی توان ادعا کرد که جواب بدست آمده، بهینه است، با این حال در همسایگی بهینه خواهد بود و می توان اعتبار و کارایی الگوریتم را مورد سنجش قرار داد. بنابراین سؤالات تحقیق بصورت زیر آورده شده است:

مشتری نهایی است که تأثیر زیادی بر زنجیره تامین می گذارد (پونته و دیگران، ۲۰۱۷). تغییرات کوچک در تقاضا در پایین جریان (مشتری)، که به تقویت تقاضا و افزایش بسیار زیاد سطح موجودی و تغییرات موجودی در سطح بالایی زنجیره منتج می شود را اثر شلاقی می گویند. اثر شلاقی به این معناست که تغییرات کوچک در تقاضای مشتری واقعی، همانند شلاق زدن تامین کنندگان بالادست برای تولید بیشتر است. این اثر هنگامی رخ می دهد که سطح تغییرپذیری مقدار سفارش، بیش از تغییرپذیری تقاضای واقعی است (Metters, 1997, 89-100). همانطور که پیش تر تشریح شد اثر شلاق گاوی اشاره دارد به بزرگنمایی تغییرات نیاز مشتری در حرکت رو به عقب از قسمت های پایین دستی زنجیره تامین به سمت شرکت های بالادستی. فارستر معتقد بود علت اصلی اثر شلاق گاوی در زنجیره تامین، مشکلات موجود در به اشتراک گذاری اطلاعات است. مطابق مطالعات انجام شده، لید تایم، حساسیت بازار، نحوه تخصیص منابع و جریان ضعیف مواد در زنجیره تامین، از منابع منشاء اثر شلاق گاوی هستند. حذف آن می تواند میزان سود را از ۱۵ درصد تا ۳۰ درصد افزایش دهد (فرج پور، ۱۳۹۱، ۸). بنابراین فرآیند انتخاب تامین کننده با اهمیت ترین متغیر در مدیریت موثر شبکه زنجیره تامین مدرن است چرا که در دستیابی به محصولات با کیفیت بالا و رضایت مشتری کمک شایانی می کند (Gonzalez & et al., 2004). گراهام و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله ی خود درباره ی اهمیت انتخاب تامین کنندگان در مدیریت زنجیره تامین سبز سخن به میان آورده و با استفاده از روش AHP و TOPSIS به بررسی معیارها و امتیازدهی تامین کنندگان با توجه به عوامل اقتصادی و زیست محیطی پرداخته است. ابراین و قدسی پور برای حل مسأله انتخاب تامین کنندگان در حالت منبع یابی چندگانه، یک مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط ارائه کرده اند که کل هزینه لجستیک را که شامل قیمت خالص، هزینه نگهداری موجودی، حمل و نقل و هزینه سفارش را در نظر گرفتند. رزازی و بانک توکلی (۱۳۹۳) تحقیق تحت عنوان انتخاب تامین کنندگان و تخصیص سفارش به آنها تحت شرایط پویا در زنجیره های تامین انجام که نتایج نشان

ذخیره سازی و نظارت) دسته بندی می شوند (Ponte & et al., 2017). از نظر کریستفر^۱، زنجیره تامین، شبکه ای از سازمان های بالادستی تا پائین دستی است که در فرایندها و فعالیت های مختلفی درگیر هستند و در قالب محصولات و خدمات در دست مشتری نهایی ایجاد ارزش می کنند. او معتقد است امروزه راه حل مؤثر رسیدن به مزیت هزینه ای، حتماً حجم محصولات و مقیاس اقتصادی نیست، بلکه مدیریت زنجیره تامین است (احمدی و دیگران، ۱۳۹۵). مدیریت زنجیره تامین هماهنگ سازی تولید، موجودی، محل و موقعیت حمل و نقل در بین اجزای یک زنجیره تامین به منظور رسیدن به بهترین ترکیب پاسخ دهی و کارایی برای بازار مورد نظر (هوگس، ۲۰۰۸). به طور کلی، مدیریت زنجیره ی تامین هماهنگی و مدیریت شبکه ی پیچیده ای از فعالیت هاست که شامل تحویل محصول به استفاده کننده نهایی یا مشتری می باشد. عملیات تولیدی نقش عمده ای در تخریب و آلودگی محیط زیست در مراحل مختلف چرخه عمر محصول از استخراج منابع تا تولید، استفاده، استفاده مجدد، بازیافت و از بین رفتن محصول ایفا می کنند. بنابراین، شرکت های تولیدی می توانند از طریق بهبود در فرایندها به منظور کاهش آثار محیط زیست محصول به مزیت رقابتی و فزاینده از افزایش سهم بازار دست یابند (Olugu & et al., 2010). در زنجیره تامین، تامین کنندگان به عنوان یک مؤلفه کلیدی موفقیت عمل می کنند زیرا انتخاب درست تامین کننده می تواند باعث پیشرفت در عوامل زیر شود: کاهش هزینه، افزایش سود، بهبود در کیفیت و تضمین در تحویل به موقع (نژادی، ۱۳۹۳).

تامین کنندگان، فروشندگانی هستند که مواد خام، اجزا و خدماتی که یک سازمان، خود نمی تواند فراهم کند را برای سازمان تامین می کنند. در محیط تولید فعلی برای زنجیره ی تامین، تامین کننده یک بخش ضروری برای یک سازمان است و یک تامین کننده مناسب می تواند به شرکت محصولات با کیفیت و مقدار مناسب و با قیمت معقول و در زمان مناسب ارائه دهد (Shang, 2010; Lee & et al., 2009; Eltayeb & et al., 2010). یکی از مشکلاتی که امروزه زنجیره های تامین را دچار اختلال می کند، تنوع تقاضا و تغییرات آن از سوی

های مقداری است و مدل، به صورت برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط فرمول بندی گردید.

۴- روش ها و مدل سازی تحقیق

رویکرد اصلی این پژوهش استفاده از روش های پژوهش عملیاتی و به طور ویژه مدل سازی ریاضی است. بنابراین روش تحقیق از حیث هدف از نوع کاربردی و از حیث روش از نوع توصیفی ریاضی است که به صورت کتابخانه ای و میدانی به اجرا درآمد. از ابزار گردآوری اطلاعاتی مانند ابزار اسناد و مدارک، مصاحبه از کارشناسان و مدیران تولید در رابطه با میزان تولید، حجم کار و میزان تامین کننده ها، استفاده شد. جامعه آماری واحدهای تولیدی صنایع لبنیاتی شهرستان ماکو می باشد اما با توجه به ماهیت این تحقیق که مدل سازی و حل آن توسط الگوریتم فرایتماری می باشد، برای تعیین حجم نمونه، دو شرکت از روش نمونه گیری خوشه ای و به شیوه تصادفی به عنوان نمونه انتخاب شدند که این دو شرکت، کارخانه نیزار تولید پنیر لبقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی می باشد. بنابراین ابتدا مدلی برای مسئله انتخاب تامین کننده زنجیره تامین با در نظر گرفتن هزینه خرید و هم هزینه حمل و نقل طرح و در یک فضای با تامین کنندگان بیشتر برای مسئله انتخاب تامین کننده زنجیره تامین نیاز به تجزیه و تحلیل اطلاعات و حل مدل بود و سپس رویکردی نیز برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از طریق الگوریتم فرایتماری به نام زنبورعسل استفاده گردید. چون بسیاری از مسائل به روش های معمول ریاضی قابل حل نیستند و با حل کردن آنها زمان بسیار زیادی را می طلبد. در این نوع از مسائل ما به دنبال پیدا کردن یک نقطه بهینه در مسئله هستیم که اصطلاحاً به آن نقطه بهینه می گوئیم. نقطه بهینه زمانی بدست می آید که کمترین خطا در مسئله را داشته باشیم. الگوریتم های تصادفی برای حل مساله بهینه سازی استفاده می شوند. یکی از روش های حل مسائل بهینه سازی الگوریتم هوش ازدحامی است که الگوریتم زنبور عسل از جمله این الگوریتم ها است الگوریتم زنبور عسل برای حل مسائل بهینه سازی کاربرد دارد. اخیراً برای حل بسیاری از مشکلات یا بهینه سازی از

داده شد که می توان هزینه های اضافی را تنها با در نظر گرفتن عناصر تغییر یافته محیط و راه حل پیدا شده در زیر دوره پیشین، بصورت چشمگیری کاهش داد. در پژوهش حاضر، با تکیه بر تکنیک های خوشه بندی داده ها یک الگوریتم جدید جهت انتخاب تامین کنندگان پیشنهاد گردید. این الگوریتم قادر است تا مجموعه بهینه تامین کنندگان را در هر زیر دوره انتخاب، در کنار کمینه نمودن هزینه های انتخاب، پیدا نماید. بیلسل و راویندران (۲۰۱۱) یک مدل منبع یابی چندکالا که تقاضا، ظرفیت تامین کنندگان، هزینه ی سفارش دهی و هزینه ی حمل و نقل در نظر گرفته و مسأله را با استفاده از برنامه ریزی صفر و یک مختلط خطی چند هدفه با سه تابع هدف حداکثرسازی کیفیت، حداقل سازی زمان تحویل و حداقل سازی هزینه حل نمودند. شاهرودی، طالقانی و طاهری (۱۳۹۲) مدل انتخاب بهترین تامین کننده براساس معیارهای چابکی (مطالعه موردی: صنعت کاشی و سرامیک استان یزد) با رویکرد تلفیقی AHP-TOPSIS ارائه شده است، تلفیق این دو سبب گردید که نقاط ضعف هر مدل توسط نقاط قوت مدل دیگر پوشش داده شود. دتلوف (۲۰۰۱) برای مساله مسیریابی وسیله حمل و نقل در لجستیک معکوس مدلی را ارائه و سپس حل آن با یک الگوریتم ابتکاری پرداخت. بر اساس مطالعات و تحقیقات صورت گرفته، هزینه حمل و نقل در مدیریت زنجیره تامین حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد از هزینه ها را تشکیل می دهد مدیریت باید توجه ویژه در به حداقل رساندن هزینه های زنجیره تامین بنماید و با توجه به آنکه یکی از عوامل موثر در زنجیره تامین عامل حمل و نقل است، مدل های برنامه ریزی ریاضی بر اساس حداقل یا حداکثر کردن تابع هدف با توجه به محدودیت ها، پایه گذاری شده اند. نتایج تحقیق لی و زابینسکی (۲۰۱۱) تحت عنوان عدم اطمینان در یک مسأله انتخاب تامین کننده به موضوع انتخاب تامین کننده استوار با رویکرد برنامه ریزی احتمالی نشان داد که انتخاب تامین کننده، یک تصمیم استراتژیک مهم در حوزه طراحی زنجیره تامین می باشد. که هدف آن، تعیین مجموعه های حداقلی از تامین کنندگان و تعیین مقدار سفارش با لحاظ نمودن تخفیف

تجزیه و تحلیل و پیاده سازی الگوریتم مورد استفاده قرار گرفت. همچنین برای اعتبار سنجی مدل سازی ریاضی جهت انتخاب تامین کننده تولید در زنجیره تامین، از دو نرم افزار لینگو (lingo) و نرم افزار WinQSB استفاده شد.

مدلسازی ریاضی انتخاب تامین کننده مناسب

تولید

مفروضات مدل پیشنهادی

با توجه به مطالعات نظری انجام گرفته برای انتخاب تامین کننده، معیارهای زیادی دخیل هستند که می توان به مبانی نظری زیر اشاره کرد.

مسئله ی انتخاب تامین کننده شاید مهمترین جزء عملیات خرید در یک سازمان یا شرکت باشد. برخی معیارهای عمومی و مؤثر در انتخاب یک تامین کننده را می توان کیفیت، قیمت، تحویل و خدمات برشمرد. این معیارهای ارزیابی اغلب با یکدیگر در تعارض بوده و به طور کلی برآورده ساختن همه ی معیارهای مدنظر غیرممکن می باشد. از طرفی برخی از معیارها کمی و برخی نیز کیفی می باشند (نژادی، ۱۳۹۳). بسیاری از معیارهای عملکرد کمی و کیفی از قبیل، کیفیت، قیمت، انعطاف پذیری و زمان تحویل باید برای تعیین مناسب ترین تامین کننده مورد توجه قرار گیرد (خان محمدی، ۱۳۹۲). در نتیجه لازم است شرکت ها شاخص های کلیدی و تامین کنندگان مناسب را انتخاب نمایند؛ زیرا تامین کننده ی مناسب موجب کاهش هزینه های خرید و همچنین افزایش کیفیت محصولات و در نهایت موفقیت سازمان در رسیدن به اهداف خود می گردد (Omurca, 2013). انتخاب تامین کننده بر دو وجهه اصلی تمرکز دارد، اول تمرکز بر روی تعیین شاخص های مورد نظر جهت انتخاب تامین کنندگان و دوم شناسایی تامین کنندگان مورد نظر و ارزیابی آن ها با توجه به تکنیک ها و روش های موجود (Dargi & et al., 2014). با توجه به توضیحات بالا در کارخانه نيزار تولید پنیر ليقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی، چگونه تامین کننده های بهینه را انتخاب کنیم، استفاده از رویکرد فراابتکاری الگوریتم زنبور عسل به منظور حل مدل مسئله انتخاب تامین کننده می باشد. روند اجرای فرآیند استفاده از الگوریتم زنبورعسل در ادامه شرح داده می شود که فرآیند ذکر شده با بهره گیری از نرم افزار متلب جهت

رفتار جمعی موجودات مانند زنبور، مورچه، پرندگان و ... استفاده می شود و علت استفاده از الگوریتم زنبور عسل نسبت به سایر الگوریتم ها با توجه به مطالعات صورت گرفته این است که، این الگوریتم نوعی جستجوی محلی را انجام می دهد و با جستجوی تصادفی ترکیب شده و می تواند برای بهینه سازی ترکیبی و یا بهینه سازی تابعی به کار رود، الگوریتم زنبورعسل مبتنی بر رفتار کاوشی زنبور عسل در یافتن منابع غذایی مناسب برای حل مسائل بهینه سازی، یک هدفه، چند حالتی و چند بعدی به کار می رود، در برخی از تحقیقات صورت گرفته، کارایی ABC نسبت به الگوریتم های تکاملی دیگر همچون ژنتیک، مورچگان و تکامل تفاضلی بیشتر است (Karaboga, 2005). الگوریتم زنبور عسل یک تکنیک جدید بهینه سازی است برای یافتن غذا در محل است با جستجوی سراسری و محلی به یافتن بهترین مراکز خوشه می پردازد در مقایسه با بهترین الگوریتم های موجود از جمله GA, TS, SA, ACO, K-means, FCM, PSO بهبود چشمگیری داشته است. از مزایای این روش می توان به موارد زیر اشاره کرد ۱- کارآمدی بسیار در پیدا کردن جوابی بهینه ۲- قادر به حل مسایل با جواب موضعی. در انتها می توان به این نکته اشاره کرد که این الگوریتم به صورت کاوشی برای جستجوی جواب خود با توجه به محیط تعریف شده عمل می کند. یعنی این الگوریتم محدودیتی به یک حیطه ی علمی ندارد. با توجه به توضیحات بالا، در این پژوهش برای انتخاب تامین کننده مناسب از بین تامین کننده های مختلف، نیاز به جواب های بهینه بود تا آن تامین کننده هایی که بهینه هست را انتخاب کنیم و از این طریق به هدف پژوهش که مینیمم سازی هزینه های تامین است دست یابیم. بنابراین در یک فضای با تعداد زیادی از تامین کنندگان شیر در کارخانه نيزار تولید پنیر ليقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی، چگونه تامین کننده های بهینه را انتخاب کنیم، استفاده از رویکرد فراابتکاری الگوریتم زنبور عسل به منظور حل مدل مسئله انتخاب تامین کننده می باشد. روند اجرای فرآیند استفاده از الگوریتم زنبورعسل در ادامه شرح داده می شود که فرآیند ذکر شده با بهره گیری از نرم افزار متلب جهت

هایی که تعداد تامین کننده بیش از چهار تامین کننده باشد از رویکرد الگوریتم فراابتکاری استفاده شود پارامترهای عمومی مدل مسئله در جدول شماره (۱) آورده شده است.

جدول شماره (۱): پارامترهای عمومی مدل مسئله

X_i	میزان خرید محصول یا قطعه مورد نظر توسط تامین کننده i
i	تعداد تامین کننده
c_i	هزینه تولید قطعه یا مواد توسط تامین کننده i یا هزینه خرید از تامین کننده
$c'i$	هزینه حمل قطعه یا مواد از تامین کننده i
Z	مجموع مینیمم هزینه
b_i	ظرفیت تولید قطعه یا مواد از تامین کننده i
D	حداقل قطعه موردنیاز

متغیرهای تصمیم تحقیق

اگر از تامین کننده i تامین شود $X_i > 0$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

اگر از تامین کننده i تامین نشود $X_i = 0$

تابع هدف: تابع هدف تلاش بر حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین قطعات و مواد مورد نیاز (هزینه خرید و هم هزینه حمل و نقل) در کل برنامه

$$\text{Minimize } z = \sum_i^N (c_i + c'i)x_i$$

محدودیت های مدل ریاضی

اولین مجموعه از محدودیت ها این است که حداقل قطعه یا مواد موردنیاز توسط تامین کننده ها تامین شود این محدودیت تضمین می نماید که تعداد کافی قطعه یا مواد موردنیاز به منظور ارضای الزامات تولید نهایی محصول برای تقاضای مصرف کننده نهایی.

$$\text{Subject to: } \sum_n^N x_i \geq D \quad i = 1 \dots N \quad (1)$$

مجموعه دوم از محدودیت ها تضمین می نماید که هر تامین کننده از محدودیت ظرفیت تولید برخوردار می باشد و نمی تواند کل نیازهای مشتری را برآورد نماید.

$$\text{Subject to: } X_i \leq b_i \quad (2)$$

• مدل ارائه شده فقط برای تامین یک نوع مواد موردنیاز می باشد، یعنی مدل فقط برای تامین ماده اولیه شیر طراحی گردیده است اگر چندین نوع مواد اولیه مدنظر کارخانه باشد مدل از حالت تک محصولی خارج و باید بصورت چند محصولی طرح گردد

• تمام تامین کننده ها از نظر کیفیت، تحویل به موقع شرایط لازم و یکسان را دارند: توضیح اینکه اگر تمام تامین کننده های شیر، شیر با کیفیت را تحویل کارخانه ها دهند و در هنگام تحویل شیر نیز در موعد مقرر عمل کنند آنگاه کارخانه ها در هنگام انتخاب آنها نمی توانند تصمیم گیری کنند که در این صورت نیاز به طراحی مدل است؛ ولی اگر تامین کننده ها در کیفیت شیر و در تحویل به موقع با هم فرق داشته باشند آنگاه کارخانه ها به راحتی به دنبال تامین کننده هایی که دارای کیفیت و در تحویل به موقع خوب عمل می کنند می روند و در این صورت نیاز به طراحی مدل برای انتخاب تامین کننده ندارد.

• تمام تامین کننده ها نسبت به تعهدات خود پایبند و از نظر زیست محیطی الزامات را رعایت می کنند: توضیح اینکه اگر تمام تامین کننده های به تعهدات خود به خوبی عمل کنند و الزامات نظر زیست محیطی را رعایت می کنند آنگاه کارخانه ها در هنگام انتخاب آنها نمی توانند تصمیم گیری کنند که در این صورت نیاز به طراحی مدل است؛ ولی اگر تامین کننده ها در تعهدات و الزامات نظر زیست محیطی با هم فرق داشته باشند آنگاه کارخانه ها به راحتی به دنبال تامین کننده هایی که نسبت به تعهدات خود پایبند و از نظر زیست محیطی الزامات را رعایت می کنند، می روند و در این صورت نیاز به طراحی مدل برای انتخاب تامین کننده ندارد.

شرکت تولیدی به تولید n واحد نیاز دارد و تامین این میزان از تولید، به تنهایی از عهده یک تامین کننده خارج است. افق برنامه ریزی در مدل فصلی می باشد. در شرکت

بنابراین مدل عمومی این تحقیق با مفروضات بیان شده و مدل مناسب برای انتخاب تامین کننده بصورت زیر طرح و ارائه می شود:

مدل ریاضی

$$\text{Minimize } z = \sum_i^N (c_i + c'_i) x_i$$

$$\text{Subject to: } \sum_n^N x_i \geq D \quad i = 1 \dots N \quad (1)$$

$$X_i \leq b_i \quad (2)$$

$$X_i \geq 0 \quad i = (1, 2, 3, \dots, n)$$

۵- الگوریتم فراابتکاری زنبور عسل (ABC):

الگوریتم زنبور عسل توسط کارابوگا^۳ در سال ۲۰۰۵ مبتنی بر رفتار کاوشی زنبور عسل در یافتن منابع غذایی مناسب برای حل مسائل بهینه سازی، یک هدفه، چند حالت و چند بعدی به کار می رود، الگوریتم زنبورها الهام گرفته از زنبورها در طبیعت است. در برخی از تحقیقات صورت گرفته، کارایی ABC نسبت به الگوریتم های تکاملی دیگر همچون ژنتیک، مورچگان و تکامل تفاضلی بیشتر است. این الگوریتم از شبیه سازی رفتار جستجوی غذای گروه های زنبور عسل ایجاد شده است (Karaboga, 2005). در الگوریتم کلونی های زنبورعسل زنبورها شامل سه گروه می شوند:

زنبورهای کارگر، تماشاجیان و پیشرو(طلایه دار). زنبور عسلی که در منطقه رقص برای ایجاد تصمیم به انتخاب یک منبع غذایی باقی می ماند زنبور عسل جستجوگر نامیده می شود، و زنبور عسلی که به طرف منابع غذایی از پیش مشخص شده می رود زنبور عسل کارگر نام دارد. زنبور عسلی که جستجوی تصادفی انجام می دهد زنبور عسل پیشرو یا طلایه دار نام دارد. در الگوریتم برای اولین بار نیمی از جمعیت زنبورها، زنبور کارگر و نیمی دیگر زنبور جستجوگر هستند. پس در یک جمعی بندی این الگوریتم بصورت زیر انجام می گیرد:

۱) فاز مقداردهی اولیه به منابع غذایی

این الگوریتم، با یک جمعیت اولیه از جوابهای تصادفی، جستجو را آغاز می کند، جمعیت اولیه مطابق فرمول (۱) ایجاد می شود (خیرمند و راحتی، ۱۳۹۳).

فرمول (۱)

$$X_{ij} = X_j (\min) + \text{rand}(0, 1) (X_j (\max) - X_j (\min))$$

۲- فاز زنبور کارگر

در فاز زنبور کارگر، هر زنبور کارگر به جستجوی راه حلی در همسایگی راه حل موجود در حافظه می پردازد؛ به این معنا که در این فاز برای هر X_i (راه حل در حافظه) یک همسایگی جدید V_i طبق فرمول ۲ تولید می شود (همان منبع). هر زنبور کارگر، به طور تصادفی یک همسایه انتخاب می کند و از طریق معادله ۲، به سمت آن حرکت می کند. جزئیات فرمول در اجرا الگوریتم توضیح داده شده است

فرمول (۲)

$$v_i, j = x_i, j + \Phi_i, j \times (x_i, j - x_k, j)$$

۳- فاز زنبور ناظر

زنبورهای کارگر اطلاعات مربوط به راه حل ها را از طریق رقص در مرکز تجمع کنند، با زنبورهای ناظر در میان می گذارند؛ که این، معادل نسبت دادن احتمال به هر راه حل موجود در حافظه است. شایستگی هر راه حل و احتمال هر راه حل مطابق فرمول (۳) و فرمول ۴ محاسبه می شود (همان منبع).

فرمول (۳)

$$\text{fitness}_i = \begin{cases} \frac{1}{1+\text{fit}_i}, & \text{fit}_i \geq 0 \\ 1 + \text{abs}(\text{fit}_i), & \text{fit}_i < 0 \end{cases}$$

فرمول (۴)

$$p_i = \frac{\text{fitness}_i}{\sum_{j=1}^{SN} \text{fitness}_j}$$

زنبور ناظر با انتخاب تصادفی مبتنی بر احتمال راه حلها، راه حلی را انتخاب کرده و مطابق با فرمول (۲)، به جستجوی یک همسایگی V_i برای این راه حل انتخاب شده می پردازد. سپس با انتخاب حریصانه مبتنی بر شایستگی، از بین X_i و V_i آن یکی که شایسته تر است

۵- مراحل الگوریتم زنبور عسل

۱-مقداردهی اولیه جمعیت ۲- ارزیابی برازندگی جمعیت. ۳- While (هنگامی که به شرط توقف نرسیده ایم) ۴- شکل دهی جمعیت جدید. ۵- انتخاب مکان هایی جهت جستجوی همسایگی. ۶- فرستادن زنبورها به سمت مکان های انتخاب شده و ارزیابی برازندگی. ۷- انتخاب شایسته ترین زنبور هر گلزار. ۸- فرستادن زنبورهای باقیمانده جهت جستجوی تصادفی و ارزیابی برازندگی آنها. ۹- Endwhile (بانگ و دیروگو، ۲۰۰۵).

۶- بکارگیری الگوریتم زنبور عسل

مطالعه موردی کارخانه نيزار ماكو توليد كننده پنير، جدول شماره (۲) ظرفیت تامین هر تامین کننده به همراه هزینه خرید هر لیتر شیر و هزینه حمل و نقل هر لیتر شیر توسط هر تامین کننده را نشان می دهد. ضمناً کارخانه تولید کننده پنیر، حداقل به ۳۶۰۰۰۰ لیتر شیر در کل برنامه نیاز دارد و تامین این میزان از لیتر شیر، به تنهایی از عهده یک تامین کننده خارج است.

در جمعیت در مکان ام i جایگزین می شود. حرکت زنبورهای ناظر به منابع غذایی با احتمال محاسبه شده از طریق چرخ رولت با استفاده از معادلات فرمول (۳) و (۴) و محله های جدید تعیین می گردد.

۴- فاز زنبور پیشاهنگ یا پیشرو

برای جلوگیری از به دام افتادن در بهینه محلی، در فاز زنبور پیش آهنگ، راه حلی که مقدار شمارنده آن از یک مقدار (حد) بیشتر باشد، رها شده و زنبور کارگر مسئول این راه حل به زنبور پیشاهنگ تبدیل می شود (همان منبع). زنبورهای پیشاهنگ آن ناحیه هایی که از نظر شهید نامطلوب شناسایی شدند، ترک و به تصادف ناحیه های دیگری را انتخاب می کنند. در صورتی که یک منبع غذایی بهتر پس از رسیدن شاخص سنجش به حد تعیین شده یافت نشود، منبع غذایی جدیدی توسط زنبورهای پیشاهنگ به صورت تصادفی با استفاده از فرمول (۱) مقداردهی می گردد.

جدول شماره (۲) ظرفیت تامین، هزینه خرید و هزینه حمل و نقل هر لیتر شیر توسط هر تامین کننده

نام تامین کننده	هزینه خرید هر لیتر شیر به ریال	هزینه حمل و نقل هر لیتر شیر به ریال	ظرفیت تامین یا تولید به لیتر
دامداران روستای یخلقان	۲۵۰۰۰	۵۰۰۰	۲۷۳۰۰
دامداران روستای آنگل	۲۴۰۰۰	۴۵۰۰	۴۴۶۰۰
دامداران روستای قم قشلاق	۲۶۰۰۰	۵۵۰۰	۲۴۸۰۰
دامداران روستای دیم قشلاق	۲۴۰۰۰	۶۰۰۰	۴۹۶۰۰
دامداران روستای سارنج	۲۴۰۰۰	۵۵۰۰	۲۳۵۶۰
دامداران روستای قره بلاغ	۲۵۰۰۰	۴۵۰۰	۲۶۰۰۰
دامداران روستای مولیک	۲۵۰۰۰	۴۲۵۰	۲۲۳۲۰
دامداران روستای اینچه	۲۴۰۰۰	۲۷۵۰	۴۹۶۰۰
دامداران روستای عیسی خان	۲۴۰۰۰	۳۷۵۰	۲۳۵۶۰
دامداران روستای میرزا خلیل	۲۴۰۰۰	۳۲۵۰	۲۴۸۰۰
دامداران روستای حسن شکه	۲۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۷۳۰۰
دامداران روستای غله زاغاسی	۲۳۰۰۰	۳۷۵۰	۲۲۳۲۰
دامداران روستای تیکمه	۲۳۰۰۰	۴۲۵۰	۲۳۵۶۰
دامداران روستای قوریشکاک	۲۴۰۰۰	۴۵۰۰	۴۹۶۰۰
دامداران روستای ذلکه ۱	۲۴۵۰۰	۶۰۰۰	۴۹۶۰۰
دامداران روستای ذلکه ۲	۲۴۵۰۰	۵۵۰۰	۴۴۶۰۰
دامداران روستای ملا حسن	۲۴۰۰۰	۵۰۰۰	۲۴۸۰۰

نام تامین کننده	هزینه خرید هر لیتر شیر به ریال	هزینه حمل و نقل هر لیتر شیر به ریال	ظرفیت تامین یا تولید به لیتر
دامداران روستای حصار	۲۶۰۰۰	۱۰۰۰	۳۱۰۰۰
دامداران روستای شورآغل	۲۵۰۰۰	۴۵۰۰	۱۸۶۰۰

اجرا الگوریتم زنبور عسل:

تعیین پارامترهای الگوریتم
 تعداد متغیرها (nvar): که همان داده های مربوط به ورودی های مسأله است.
 حد پایین متغیرها (lb): که برابر صفر است.
 حد بالای متغیرها (ub): برابر با میزان ستون ظرفیت تامین یا تولید است.
 تعداد کل زنبورها (NB): ۵۰ زنبور
 تعداد زنبورهای کارگر یا منابع غذایی (SN): ۲۵ زنبور
 $NB \div 2 = 25$
 تعداد زنبورهای نگهبان (N_unlooker): ۲۵ زنبور
 $NB - SN = 50 - 25 = 25$
 حداکثر تعداد تکرار یا چرخه (MCN): ۲۰۰
 ماتریس سنجش (Trial): فعلاً برابر صفر است.
 حداکثر تعداد تکرار با عدم بهبود (Limit): ۶۰
 تعداد بعد هایی که قرار است حرکت به سمت آن انجام شود (ndim): ۱
 که کدهای مربوط به آن به صورت زیر است.

parameters setting

```
Data=load('data.mat'); load data
Nvar=data.nvar;
Lb=0*ones(1, nvar); % lower bound
Ub=UB.*ones(1, nvar); % upper bound
NB=50; % number of bee
SN=round(NB/2); % source number
N_unlooker=NB-SN; % unlooker number
MCN=200; % max of cycle number
Trial=zeros(SN, 1);
Limit=60;
Ndim=1
```

تابع هدف: کدهای مربوط به آن به صورت زیر است.
 اگر $CH=0$ باشد یعنی اینکه محدودیت ها رعایت شده است، و جواب در منطقه موجه قرار دارد. ولی اگر مقدار مواد تامین شده (SX) کمتر از مقدار مواد موردنیاز (D) باشد. آنگاه CH برابر $CH=D-SX$ و برابر صفر نیست.

متغیرهای تصمیم تحقیق

اگر از تامین کننده i تامین شود $X_i > 0$
 $i = 1, 2, 3, \dots, 19$
 اگر از تامین کننده i تامین نشود $X_i = 0$
 تابع هدف تلاش بر حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین شیر مورد نیاز (هزینه خرید و حمل و نقل) در کل برنامه
 $Minimize z =$
 $(25000 + 5000)x_1 + (24000 + 4500)x_2 +$
 $(26000 + 5500)x_3 + (24000 + 6000)x_4 +$
 $(24000 + 5500)x_5 + (25000 + 4500)x_6 +$
 $(25000 + 4250)x_7 + (24000 + 2750)x_8 +$
 $(24000 + 3750)x_9 + (24000 + 3250)x_{10} +$
 $(23000 + 2500)x_{11} + (23000 + 3750)x_{12} +$
 $(23000 + 4250)x_{13} + (24000 + 4500)x_{14} +$
 $(24500 + 6000)x_{15} + (24500 + 5500)x_{16} +$
 $(24000 + 5000)x_{17} + (26000 + 1000)x_{18} +$
 $(25000 + 4500)x_{19}$

محدودیت های مدل:

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + \dots + x_n \geq 360000$
 $i = 1 \dots 19$ (1)
 $x_1 \leq 27300$ $x_2 \leq 44600$ $x_3 \leq 24800$
 $x_4 \leq 49600$ $x_5 \leq 23560$
 $x_6 \leq 26000$ $x_7 \leq 22320$ $x_8 \leq 49600$
 $x_9 \leq 23560$ $x_{10} \leq 24800$
 $x_{11} \leq 27300$ $x_{12} \leq 22320$ $x_{13} \leq 23560$
 $x_{14} \leq 49600$ $x_{15} \leq 49600$
 $x_{16} \leq 44600$ $x_{17} \leq 24800$ $x_{18} \leq 31000$
 $x_{19} \leq 18600$ $x_5 \leq 23560$
 $X_i \geq 0$ $i = (1,2,3,\dots,19)$

به ازای هر تکرار در بخش زنبورهای کارگر، و به ازای هر زنبورهای کارگر یک زنبور دیگر را به تصادف انتخاب کنید، موقعیت زنبور همسایه (XK): هر زنبور کارگر، به طور تصادفی یک همسایه را انتخاب می‌کند، تعیین بعد حرکت (j): به طور تصادفی یکی از متغیرها را انتخاب و در آن بعد حرکت انجام می‌گیرد، موقعیت زنبور قبلی (X):

```
For cycle=1: MCN
    % employed bee section
    For i=1: SN
        k=randsample ([1: i-1 i+1: SN], 1);
        XK=food (k).x; % neighbor
        j=randsample (nvar, ndim');
        X=food (i).x;
```

موقعیت زنبور جدید (NEWX): موقعیت زنبور جدید از طریق معادله زیر به بدست می‌آید (هر زنبور کارگر، به طور تصادفی یک همسایه انتخاب می‌کند و از طریق معادله زیر، به سمت آن حرکت می‌کند).

$$NEWX(j)=X(j)+unifrnd(-1,1,size(j)).*(X(j)-XK(j));$$

که $X(j)$ همان موقعیت زنبور قبلی است و $unifrnd(-1,1,size(j))$ یا \hat{O}_{ij} یک عدد تصادفی بین ۱ و -۱ است $X(j)-XK(j)$ همان تفاوت موقعیت زنبور قبلی با موقعیت زنبور همسایه است. که در آن $k \in \{1, 2, \dots, SN\}$ و $j \in \{1, 2, \dots, D\}$ شاخص شان به صورت تصادفی انتخاب شده است. Xk, j یک همسایگی j, xi در جمعیت است به طوری که k و i تصادفی انتخاب می‌شوند. احتمال دارد موقعیت زنبور جدید خارج از ناحیه موجه قرار گیرد با توجه به دو فرمول زیر آن را در ناحیه موجه قرار می‌دهیم

$$NEWX=\max (NEWX, lb);$$

$$NEWX=\min (NEWX, ub);$$

مقدار برازندگی fit ناحیه جدید را به بدست می‌آوریم:

```
Sol=food (i);
sol.x=NEWX;
Sol=fitness (sol, data);
```

اگر کیفیت آن بهتر از ناحیه قبلی باشد زنبور به ناحیه جدید می‌رود و شاخص سنجش (Trial) آن برابر صفر

```
Function sol=fitness (sol, data(
Load data
sol.x=CB (sol.x, 0, UB);
x=round (sol.x);
OBJ=sum ((c+cp).*x');
SX=sum(x);
CH=0;
If SX<D
    CH=D-SX;
End
SCH=1000000000*sum (cp)*sum (CH);
sol.fit=OBJ+ (SCH);
sol.SCH=SCH;
sol.info.CH=CH;
sol.info.X=x;'
```

آماده سازی یا شروع زمان گیری: ساخت یک بردار خالی با متغیر x و مقدار برازندگی fit ، تکرار بردار واحد خالی را با تعداد مورد نیاز که در ماتریس $food$ ذخیره می‌شود، به ازای هر واحد یک جواب کاملاً تصادفی تولید کنید به ازای هر منطقه از x ، سپس برازندگی $fitness$ آن را محاسبه کنید و بهترین منطقه غذایی را شناسایی و اسم آن را $global\ food$ بگذارید کد های مربوط به آن به صورت زیر است.

```
%%initialization
Tic
emp.x=[];
Emp.fit=[];
Emp.info=[];
Emp.SCH=[];
Food= repmat (EMP, SN, 1);
For i=1: SN
    Food (i).x=unifrnd (lb, ub);
    Food (i).fit=fitness(food(i),data);
End
[value,index]=min([food(i).fit]);
gfood=food(index); % global food
```

حلقه اصلی: یک ماتریس $best$ و یک ماتریس AVR را به صورت خالی تولید کنید

```
%%main loop
Best=zeros (MCN, 1);
AVR=zeros (MCN, 1);
```

بخش زنبورهای کارگر:

بنابراین حرکت زنبورهای ناظر به منابع غذایی با احتمال محاسبه شده از طریق چرخ رولت با استفاده از معادلات بالا و تعیین محله های جدید صورت می گیرد. سپس از طریق چرخ رولت آن ها را صورت تجمعی می آوریم
 $F = \text{cumsum}(f)$;

یک زنبور یا یک ناحیه را از طریق چرخ رولت انتخاب کنید چرخ رولت یعنی اینکه یک عدد تصادفی را انتخاب و این عدد کوچکتر از کدامیک از P ها است اولی را از ابتدا انتخاب کنید یک همسایه را به طور تصادفی انتخاب کنید: تکرار بخش بالا

```
Function k=RouletteWheel (P);
P=P./sum (P);
P=cumsum (P);
k=find (rand<=P, 1,'first');
End
k=randsample ([1: i-1 i+1: SN], 1);
```

بخش زنبورهای پیشرو:

```
/%scout bee section
```

در این بخش منابع یا ناحیه هایی غذایی که بیشتر از محدودیت هستند را پیدا یعنی ناحیه هایی که از نظر شهد نامطلوب هستند را شناسایی می کنیم به ازای هر ناحیه نامطلوب یک حرکت تصادفی انجام می گیرد و جواب های تصادفی ایجاد و fit آن ها تا شاخص سنجش (Trial) آن برابر صفر شود.

```
Q=find (Trial>Limit);
For j=1: length (Q)
i=Q (j);
Food (i).x=unifrnd (lb, ub);
Food (i).y=fitness (food (i), data);
Trial (i)=0;
End
```

بهترین منبع یا منطقه غذایی این تکرار را شناسایی کنید
 $[\text{value}, \text{index}] = \min([\text{food.fit}]);$

بنابراین زنبورهای پیشرو آن ناحیه هایی که از نظر شهد نامطلوب شناسایی شدند، ترک و به تصادف ناحیه های دیگری را انتخاب می کنند. در صورتی که یک منبع غذایی بهتر پس از رسیدن شاخص سنجش به حد تعیین

است. شاخص سنجش یعنی شمارنده تعداد دفعات متوالی حرکت زنبور با عدم بهبود است. اگر زنبوری مقدار شاخص سنجش آن از حد معین بیشتر بشود به این معنی است که آن ناحیه غذایی دیگر شهدی ندارد و آن ناحیه را باید ترک کرد.

```
if sol.fit<food(i).fit
Food (i) =sol;
Trial (i) =0;
```

ولی اگر کیفیت آن بهتر از ناحیه قبلی نباشد یعنی بهبودی نداشته، یک واحد به شاخص سنجش (Trial) آن اضافه می شود

```
Else
Trial (i) =Trial (i) +1;
```

بخش زنبورهای نگهبان:

در این بخش به دنبال تغییر مقدار برازندگی fit ها می باشیم در واقع تمام fit ها را شناسایی می کنیم، یعنی آن هایی که fit آن بزرگتر از صفر باشد را شناسایی و سپس آن هایی که fit آن کوچکتر از صفر باشد را شناسایی می کنیم

```
f=calculated_Pfit ([food.fit]);
PF=find (f>0);
NF=find (f<0);
```

سپس شایستگی هر راه حل از طریق فرمول زیر محاسبه می شود.
 فرمول (۲)

$$\text{Fitness (i)} = \begin{cases} \frac{1}{1 + \text{Fit (i)}} & \text{Fit (i)} \geq 0 \\ \frac{1}{1 + \text{abs (Fit (i))}} & \text{Fit (i)} < 0 \end{cases}$$

و بعد آن ها را با توجه به فرمول زیر نرمالایز یعنی بر مجموع آن تقسیم می کنیم پس احتمال هر راه حل مطابق فرمول زیر محاسبه می شود.

فرمول (۳)

$$P (i) = \frac{\text{Fitness (i)}}{\sum \text{Fitness (i)}}$$

منبع یا منطقه غذایی این تکرار را ذخیره کنید و میانگین عملکرد منطقه غذایی این تکرار را ذخیره کنید

```

if value < gfood.fit
    gfood = food(index);
End
Best (cycle) = gfood.fit;
AVR (cycle) = mean ([food.fit] );

```

که نتیجه نهایی الگوریتم زنبور عسل در جدول شماره (۳) آورده شده است:

شده یافت نشود، منبع غذایی جدیدی توسط زنبورهای پیشرو به صورت تصادفی با استفاده از معادله زیر مقادردهی می‌گردد:

$$X_{ij} = X_j(\min) + \text{rand}(0, 1) (X_j(\max) - X_j(\min))$$

اگر بهترین منبع یا منطقه غذایی این تکرار از بهترین منبع یا منطقه غذایی الگوریتم بهتر باشد آن وقت بهترین منطقه غذایی الگوریتم آپدیت و نهایی می‌شود، بهترین

جدول شماره (۳): نتایج میزان خرید به لیتر توسط هر تامین کننده با الگوریتم زنبور عسل

میزان خرید از هر تامین کننده به لیتر	متغیر	نام تامین کننده	میزان خرید از هر تامین کننده به لیتر	متغیر	نام تامین کننده
۲۱۷۵۴	X11	دامداران روستای حسن شکه	۱۱۶۰۳	x1	دامداران روستای یخلقان
۵۷۶۵	x12	دامداران روستای غله زاغاسی	۳۲۸۰۶	X2	دامداران روستای آغل
۸۲۵۲	x13	دامداران روستای تیکمه	۶۴۱۲	X3	دامداران روستای قم قشلاق
۳۶۶۷۲	x14	دامداران روستای قوریشکاک	۱۹۵۸۵	X4	دامداران روستای دیم قشلاق
۳۶۶۳	x15	دامداران روستای ذلکه ۱	۲۳۵۶۰	X5	دامداران روستای سارنج
۲۱۳۳۵	x16	دامداران روستای ذلکه ۲	۱۵۵۵۷	X6	دامداران روستای قره بلاغ
۱۰۶۳۸	x17	دامداران روستای ملا حسن	۲۱۴۹۹	X7	دامداران روستای مولیک
۱۸۷۱۳	x18	دامداران روستای حصار	۴۹۶۰۰	X8	دامداران روستای اینجه
۶۵۸۵	x19	دامداران روستای شورآغل	۲۲۷۲۹	X9	دامداران روستای عیسی خان
			۲۳۸۲۸	X10	دامداران روستای میرزا خلیل
۳۶۰۰۰۰			جمع		

(۲) نمودار بهبود یافته الگوریتم زنبور عسل را نشان می‌دهد.

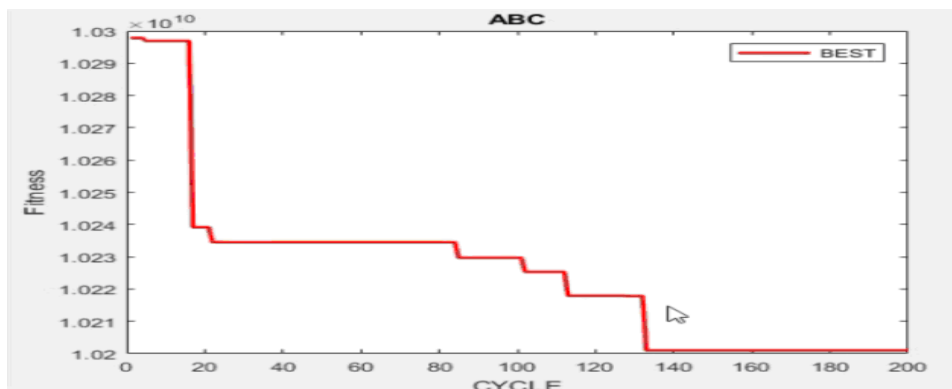
مسئله ۲: اطلاعات مربوط به کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی می باشد که در جدول شماره (۴) آورده شده است. ضمناً کارخانه، حداقل به ۴۵۰۰۰۰ لیتر شیر در کل برنامه نیاز دارد و تامین این میزان از لیتر شیر، به تنهایی از عهده یک تامین کننده خارج است.

پس تابع هدف تلاش بر حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین مواد مورد نیاز (هزینه خرید و حمل و نقل) در کل برنامه برابر با:

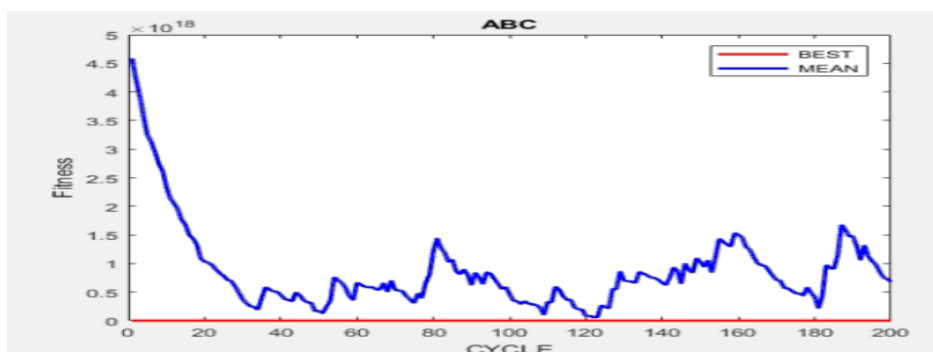
$$\text{Minimize } z = ۱۰۲۰۰۹۷۰۷۵۰$$

نمودار شماره (۱) مربوط به نتایج بدست آمده از میزان خرید و هزینه تامین توسط هر تامین کننده با الگوریتم زنبور عسل را نشان می‌دهد.

برای زنبور عسل شعاع حرکتی هم تعیین کردیم یعنی بین یک مینیمم و ماکزیمم حرکت کنند نمودار شماره



نمودار شماره (۱): نتایج میزان خرید و هزینه تامین توسط هر تامین کننده با الگوریتم زنبور عسل



نمودار شماره (۲): نتایج بهبود یافته میزان خرید و هزینه تامین توسط هر تامین کننده با الگوریتم زنبور عسل

جدول شماره (۴) ظرفیت تامین، هزینه خرید و هزینه حمل و نقل هر لیتر شیر توسط هر تامین کننده شرکت تعاونی

نام تامین کننده	هزینه خرید هر لیتر شیر به ریال	هزینه حمل و نقل هر لیتر شیر به ریال	ظرفیت تامین یا تولید به لیتر
روستای سدل	۱۵۰۰۰	۳۰۰۰	۵۵۸۰۰
روستای عباس کندی	۱۴۰۰۰	۱۵۰۰	۴۸۶۰۰
روستای مسجد لو	۱۴۵۰۰	۲۵۰۰	۵۲۲۰۰
حاج موسی	۱۳۵۰۰	۳۰۰۰	۵۴۰۰۰
حسین ولیزاده	۱۴۰۰۰	۲۵۰۰	۵۴۹۰۰
قرخ بلاغ	۱۵۰۰۰	۳۵۰۰	۴۸۶۰۰
مزرعه	۱۳۰۰۰	۲۵۰۰	۵۰۴۰۰
تازه کند	۱۴۰۰۰	۲۷۵۰	۵۲۲۰۰
چوخور	۱۳۰۰۰	۲۷۵۰	۴۶۸۰۰
زاویه	۱۵۰۰۰	۳۰۰۰	۴۸۶۰۰
حراملو	۱۴۵۰۰	۳۵۰۰	۴۶۸۰۰
سایر	۱۳۵۰۰	۳۰۰۰	۶۳۰۰۰

مدل مسئله ۲:

تابع هدف تلاش بر حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین مواد مورد نیاز (هزینه خرید و حمل و نقل) در کل برنامه

$$\text{Minimize } z = (15000 + 3000)x_1 + (14000 + 1500)x_2 + (14500 + 2500)x_3 + (13500 + 3000)x_4 + (14000 + 2500)x_5 + (15000 + 3500)x_6 + (13000 + 2500)x_7 + (14000 + 2750)x_8 + (13000 + 2750)x_9 + (15000 + 3000)x_{10} + (14500 + 3500)x_{11} + (13500 + 3000)x_{12}$$

محدودیت های شماره ۲

$$\begin{aligned} x_1 &\leq 55800 & x_2 &\leq 48600 \\ x_3 &\leq 52200 & x_4 &\leq 54000 \\ x_5 &\leq 54900 \\ x_6 &\leq 48600 & x_7 &\leq 50400 \\ x_8 &\leq 52200 & x_9 &\leq 46800 \\ x_{10} &\leq 48600 \\ x_{11} &\leq 46800 & x_{12} &\leq 63000 \\ Xi &\geq 0 & i &= (1,2,3,\dots,12) \end{aligned}$$

با توجه به اینکه به جزئیات و مراحل حل رویکرد الگوریتم زنبور عسل در مسئله یک پرداخته شد در این مسئله از آن صرف نظر شده و فقط نتایج آن به شرح زیر در جدول شماره (۵) آورده شده است:

محدودیت های مدل

محدودیت های شماره ۱

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + \dots + x_n \geq 450000$$

$$i = 1 \dots 12 \quad (1)$$

جدول شماره (۵): نتایج میزان خرید توسط هر تامین کننده با الگوریتم زنبور عسل در شرکت تعاونی

نام تامین کننده	متغیر	میزان خرید از هر تامین کننده به لیتر
روستای سدل	x_1	۳۱۳۸۹
روستای عباس کندی	x_2	۴۵۹۹۲
روستای مسجد لو	x_3	۲۶۴۰۳
حاج موسی	x_4	۵۰۱۹۷
حسین ولیزاده	x_5	۳۱۸۶۱
قرخ بلاغ	x_6	۳۶۹۶۰
مزرعه	x_7	۳۸۲۱۰
تازه کند	x_8	۴۳۶۷۶
چوخور	x_9	۳۹۶۶۰
زاویه	x_{10}	۴۲۷۹۹
حراملو	x_{11}	۱۵۶۲
سایر	x_{12}	۶۱۴۷۵
جمع		۴۵۰۱۸۴
تابع هدف		۷۵۲۵۷۵۴۵۰۰

در کارخانه نیزار تولید کننده پنیر ليقوان، تعداد ۱۹ تامین کننده با توجه به هزینه خرید و هزینه حمل و نقل هر لیتر شیر و محدودیت ظرفیت تامین هر یک از تامین کننده ها در مدل ارائه شده با رویکرد الگوریتم زنبور عسل به مورد اجرا گذاشته شد، طوریکه این ۱۹ تامین

۶-۱- جمع بندی و نتایج یافته های حاصل از

الگوریتم زنبور عسل

۱- برای حل مسئله انتخاب تامین کننده مناسب تولید، دو کارخانه نیزار تولید کننده پنیر ليقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی مورد بررسی قرار گرفتند.

حسین ولیزاده بترتیب با مقدار ۱۵۶۲، ۲۶۴۰۳، ۳۱۳۸۹ و ۳۱۸۶۱ لیتر شیر، کمترین مقدار تامین شیر را بخود اختصاص داده اند. بنابراین تابع هدف با حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین شیر مورد نیاز در کارخانه شیر پاستوریزه تعاونی برای تامین مقدار ۴۵۰۱۸۴ لیتر شیر برابر با ۷۵۲۵۷۵۴۵۰۰ ریال شد. نتیجه اینکه کارخانه نیزار برای انتخاب تامین کننده مناسب تولید با رویکرد الگوریتم زنبور عسل با هدف حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین شیر باید توجه خود را به تامین کنندگانی مانند دامداران روستاهای اینجه، قوریشکاک و آنگل با توجه به ظرفیت تامین آنها بیشتر معطوف و آنها را انتخاب نماید، و کارخانه شیر پاستوریزه شرکت تعاونی نیز سایر دامداران، دامداران روستاهای حاج موسی، عباس کندی، تازه کند و دامداران روستای زاویه را انتخاب نماید.

۷- ارزیابی حساسیت الگوریتم زنبورعسل نسبت به پارامترها:

به منظور بررسی حساسیت الگوریتم زنبورعسل نسبت به پارامترها، به صورت زیر تغییراتی نسبت به پارامترها انجام گرفت که این تغییرات نسبت به پارامترها باعث تغییر در میزان تابع هدف شد که نتایج آن به شرح جدول شماره (۶) می باشد. ضمناً پارامترها، به صورت زیر تغییر یافتند: تعداد کل زنبورها (NB): ۱۰ زنبور
تعداد زنبورهای کارگر یا منابع غذایی (SN): ۵ زنبور
 $NB \div 2 = 5$
تعداد زنبورهای نگهبان (N_unlooker): ۵ زنبور
 $NB - SN = 10 - 5$

کننده، مقدار ۳۶۰۰۰۰ لیتر شیر کارخانه نیزار را تامین نماید، همان طوری که در جدول شماره (۳) مشاهده گردید، دامداران روستاهای اینجه، قوریشکاک و آنگل، بترتیب با مقدار ۴۹۶۰۰، ۳۶۶۷۲ و ۳۲۸۰۶ لیتر شیر، بیشترین مقدار تامین شیر و از طرفی تامین کنندگانی مانند دامداران روستاهای ذلکه ۱، غله زاغاسی، قم قشلاق و شورآغل بترتیب با مقدار ۳۶۶۳، ۵۷۶۵، ۶۴۱۲ و ۶۵۸۵ لیتر شیر، کمترین مقدار تامین شیر را بخود اختصاص داده اند. بنابراین تابع هدف با حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین شیر مورد نیاز (هزینه خرید و حمل و نقل شیر) در کل برنامه در کارخانه نیزار برای تامین مقدار ۳۶۰۰۰۰ لیتر شیر برابر با ۱۰۲۰۰۹۷۰۷۵۰ ریال شد. ضمناً الگوریتم زنبورعسل با پارامترهای زیر مورد اجرا گذاشته شد. تعداد متغیرها ۱۹، حد پایین متغیرها برابر صفر، حد بالا برابر با میزان ستون ظرفیت تامین، تعداد کل زنبورها (NB) ۵۰ زنبور، تعداد زنبورهای کارگر و نگهبان هر کدام ۲۵ زنبور، حداکثر تعداد تکرار ۲۰۰ و حداکثر تعداد تکرار با عدم بهبود ۶۰. که حرکت زنبورهای ناظر به منابع غذایی با احتمال محاسبه شده از طریق چرخ رولت برای تعیین محله های جدید صورت گرفت. اما در کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی، تعداد ۱۲ تامین کننده با رویکرد الگوریتم زنبور عسل به مورد اجرا گذاشته شد، طوریکه، مقدار ۴۵۰۰۰۰ لیتر شیر کارخانه نیزار را تامین نماید، همان طوری که در جدول شماره (۵) مشاهده گردید، سایر دامداران، دامداران روستاهای حاج موسی، عباس کندی، تازه کند و روستای زاویه، بترتیب با مقدار ۶۱۴۷۵، ۵۰۱۹۷، ۴۵۹۹۲، ۴۳۶۷۶ و ۴۲۷۹۹ لیتر شیر، بیشترین مقدار تامین شیر و از طرفی تامین کنندگانی مانند دامداران روستاهای حراملو، مسجد لو، سدل و دامداران روستای

جدول شماره (۶): نتایج حساسیت الگوریتم زنبورعسل نسبت به پارامترها در کارخانه نیزار

نام کارخانه	تعداد حالت	تعداد کل زنبورها	تعداد زنبورهای کارگر	تعداد زنبورهای نگهبان	تعداد تکرار	حداقل میزان تامین شیر	تابع هدف	زمان محاسباتی
نیزار	حالت اول	۵۰	۲۵	۲۵	۲۰۰	۳۶۰۰۰	۱۰۲۰۰۹۷۰۷۵۰	۲۲/۰۷۵۷
نیزار	حالت دوم	۱۰	۵	۵	۲۰۰	۳۶۰۰۰۹	۱۰۲۸۱۸۶۵۵۰۰	۴/۸۳۵۳

۲۳۵۶۰ و ۲۲۳۲۰ لیتر شیر، کمترین مقدار تامین شیر را بخود اختصاص داده اند. و از طرفی تامین کنندگانی مانند دامداران روستای های یخلقان، غله زاغاسی، قم قشلاق، دیم قشلاق، سارنج، قره بلاغ و ذلکه ۱ و ۲ نباید آنها را انتخاب نمود و شیر خریداری کرد، طوریکه تابع هدف بهینه برابر با ۹۹۷۳۳۰۰۰۰ می باشد. اما در کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی، با نرم افزار لینگو، مشاهده گردید، سایر دامداران، دامداران روستاهای حسین ولیزاده، حاج موسی، تازه کند با مسجدلو، مزرعه، عباس کندی، چوخور و حراملو، بترتیب با مقدار ۵۴۹۰۰، ۵۴۰۰۰، ۵۲۲۰۰، ۵۰۴۰۰، ۴۸۶۰۰، ۴۶۸۰۰ و ۲۷۹۰۰ لیتر شیر، بیشترین مقدار تامین شیر و تامین کنندگانی مانند دامداران روستای های سدل، قرخ بلاغ و روستای زاویه نباید آنها را انتخاب نمود و شیر خریداری کرد، طوریکه تابع هدف بهینه برابر با ۷۳۷۱۹۰۰۰۰ می باشد. در نرم افزار WinQSB نیز نتایج آن مانند نتایج نرم افزار لینگو است در کارخانه نیزار تابع هدف بهینه برابر است با ۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰ می باشد. و تفاوتی ما بین جواب دو نرم افزار مشاهده نمی شود. البته تنها چیزی که می توان به آن اشاره نمود به مقداری که متغیرهای X5 (روستای سارنج) و X19 (روستای شورآغل) را اختیار کردند می باشد. علت این امر این است که میزان هزینه تامین در هر دو متغیرهای X5 و X19 یکسان و برابر با ۲۹۵۰۰ ریال می باشد یعنی در نرم افزار لینگو مقدار متغیر X5 برابر صفر و مقدار متغیر X19 برابر ۱۵۶۰ ولی در نرم افزار WinQSB درست برعکس می باشد. در کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی تابع هدف بهینه برابر با ۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰ می باشد و تفاوتی ما بین جواب دو نرم افزار مشاهده نمی شود، در اینجا نیز به مقدار متغیرهای X1 (روستای سدل) و X11 (روستای حراملو) می توان اشاره نمود، علت این امر میزان هزینه تامین در هر دو متغیرهای X1 و X11 یکسان و برابر با ۱۸۰۰۰ ریال می باشد. یعنی در نرم افزار لینگو مقدار متغیر X1 برابر صفر و مقدار متغیر X11 برابر ۲۷۹۰۰ ولی در نرم افزار WinQSB درست برعکس می باشد.

همان طوری که در جدول شماره (۶) مشاهده می شود، وقتی تعداد زنبورهای کل از ۱۰ زنبور به ۵۰ زنبور افزایش می یابد میزان تابع هدف از ۱۰۲۰۰۹۷۰۷۵۰ به ۱۰۲۸۱۸۶۵۵۰۰ جواب بهتر می شود. افزایش اندازه جامعه موجب بهبود قابل ملاحظه همزمان کیفیت و پراکندگی جواب های نامغلوب می شود. در عین حال، این افزایش موجب افزایش زمان محاسبات نیز می گردد که زمان محاسبات از ۴/۸۳۵۳ به ۲۲/۰۷۵۷ افزایش پیدا کرد. بنابراین هر چه قدر تعداد کل زنبورها و تعداد تکرار بیشتر باشد کیفیت جواب بهتر خواهد بود یعنی از تکرار های اول جواب موجه و جواب نهایی بهبود خواهند یافت.

۸- اعتبار سنجی مدل ریاضی

برای اعتبار سنجی مدل سازی ریاضی جهت انتخاب تامین کننده تولید در زنجیره تامین، تا حد امکان از تمامی راه های موجود استفاده شود. ابتدا با مطالعه مطالب مدل سازی ریاضی و استفاده از روش های پژوهش عملیاتی از منابع مختلف، با مراجعه به مثال های متعدد مدل سازی ریاضی و قواعد و اصول حاکم بر مدل سازی سپس مدل های ریاضی معتبر که در مدل سازی ریاضی زنجیره تامین که توسط افراد معتبر و سرشناس ارائه شده است مبنای طراحی مدل قرار گرفت، همچنین از نظرات اساتید صاحب نظر، مشاورین، داوران، خبرگان و اهل فن مدل سازی در خصوص مدل مورد مطالعه استفاده شده است، و نهایتاً اینکه برای اعتبار سنجی مدل ریاضی، از نرم افزار لینگو (Lingo) و نرم افزار WinQSB استفاده شده است که نتایج آن در جداول شماره (۷) و شماره (۸) آورده شده است.

از نرم افزار لینگو برای مدل ارائه شده، برای حل مسئله انتخاب تامین کننده مناسب در کارخانه نیزار، همان طوری که در جدول شماره (۷) مشاهده گردید، دامداران روستاهای اینجه، قوریشکاک و آغگل، بترتیب با مقدار ۴۹۶۰۰، ۴۹۶۰۰ و ۴۴۶۰۰ لیتر شیر، بیشترین مقدار تامین شیر و تامین کنندگانی مانند دامداران روستاهای حسن شکه، میرزا خلیل، عیسی خان با تیکمه، غله زاغاسی با مولیک بترتیب با مقدار ۲۷۳۰۰، ۲۴۸۰۰

جداول شماره (۷): نتایج نرم افزار لینگو (lingo) با Winqsb در کارخانه نيزار

میزان خرید بهینه با Winqsb	میزان خرید بهینه با لینگو lingo	متغیر	نام تامین کننده	میزان خرید بهینه با Winqsb	میزان خرید بهینه با لینگو lingo	متغیر	نام تامین کننده
۲۷۳۰۰	۲۷۳۰۰	X11	دامداران روستای حسن شکه	۰	۰	x1	دامداران روستای یخلاقان
۲۲۳۲۰	۲۲۳۲۰	x12	دامداران روستای غله زاغاسی	۴۴۶۰۰	۴۴۶۰۰	X2	دامداران روستای آغل
۲۳۵۶۰	۲۳۵۶۰	x13	دامداران روستای تیکمه	۰	۰	X3	دامداران روستای قم قشلاق
۴۹۶۰۰	۴۹۶۰۰	x14	دامداران روستای قوریشکاک	۰	۰	X4	دامداران روستای دیم قشلاق
۰	۰	x15	دامداران روستای ذلکه ۱	۱۶۵۴۰	۰	X5	دامداران روستای سازنج
۰	۰	x16	دامداران روستای ذلکه ۲	۰	۰	X6	دامداران روستای قره بلاغ
۲۴۸۰۰	۲۴۸۰۰	x17	دامداران روستای ملا حسن	۲۲۳۲۰	۲۲۳۲۰	X7	دامداران روستای مولیک
۳۱۰۰۰	۳۱۰۰۰	x18	دامداران روستای حصار	۴۹۶۰۰	۴۹۶۰۰	X8	دامداران روستای اینجه
۰	۱۶۵۴۰	x19	دامداران روستای شورآغل	۲۳۵۶۰	۲۳۵۶۰	X9	دامداران روستای عیسی خان
۳۶۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰		جمع	۲۴۸۰۰	۲۴۸۰۰	X10	دامداران روستای میرزا خلیل
۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰	۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰						تابع هدف بهینه

جداول شماره (۸): نتایج نرم افزار لینگو (lingo) با Winqsb در شرکت تعاونی

میزان خرید بهینه با Winqsb	میزان خرید بهینه با لینگو lingo	متغیر	نام تامین کننده	میزان خرید بهینه با Winqsb	میزان خرید بهینه با لینگو lingo	متغیر	نام تامین کننده
۵۰۴۰۰	۵۰۴۰۰	X7	مزرعه	۲۷۹۰۰	۰	x1	روستای سدل
۵۲۲۰۰	۵۲۲۰۰	X8	تازه کند	۴۸۶۰۰	۴۸۶۰۰	X2	روستای عباس کندي
۴۶۸۰۰	۴۶۸۰۰	X9	چوخور	۵۲۲۰۰	۵۲۲۰۰	X3	روستای مسجد لو
۰	۰	X10	زاویه	۵۴۰۰۰	۵۴۰۰۰	X4	حاج موسی
۰	۲۷۹۰۰	X11	حراملو	۵۴۹۰۰	۵۴۹۰۰	X5	حسین ولیزاده
۶۳۰۰۰	۶۳۰۰۰	x12	سایر	۰	۰	X6	قرخ بلاغ
۴۵۰۰۰۰	۴۵۰۰۰۰		جمع				
۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰	۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰						تابع هدف بهینه

تامین کنندگان آن تامین شده، و محدودیت ظرفیت توسط هر تامین کننده ارضا شده است، و جوابهای به دست آمده همان جواب بهینه نهایی با تابع هدف بهینه می باشند، نشان دهنده اعتبار بودن مدل ریاضی می باشد که تابع هدف بهینه برای حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین به وسیله هر دو نرم افزار برابر است با ۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰ می باشد.

۸-۱- مقایسه بین نتایج نرم افزار لینگو (lingo) با WinQSB

بنابراین به منظور ارزیابی کارایی نرم افزارها از سه مقیاس کارایی، کیفیت جواب یا تابع هدف، تعداد تکرار و

نتیجه اینکه، با استفاده از نرم افزار (lingo) و WinQSB در کارخانه نيزار حداقل مواد مورد نیاز یعنی ۳۶۰۰۰۰ لیتر شیر توسط تامین کنندگان آن تامین شده، و نیز محدودیت ظرفیت توسط هر تامین کننده ارضا شده است، و نهایتاً جواب به دست آمده به وسیله هر دو نرم افزار که همان جواب بهینه نهایی هستند و دارای تابع هدف بهینه می باشد، نشان دهنده اعتبار بودن مدل ریاضی می باشد که تابع هدف بهینه برای حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین مواد مورد نیاز (هزینه خرید و حمل و نقل) به وسیله هر دو نرم افزار برابر است با ۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰۰۰ می باشد. در کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی نیز ۴۵۰۰۰۰ لیتر شیر توسط

زمان محاسبات به شرح زیر استفاده شده که نتایج آن در جداول شماره (۹) آورده شده است:

جدول شماره (۹): مقایسه بین نتایج نرم افزار لینگو (lingo) و WinQSB در کارخانه نیزار و شرکت تعاونی

نام کارخانه	نعداد متغیر	نعداد محدودیت	میزان تابع هدف			تعداد تکرار			میانگین زمان محاسباتی	
			درصد بهبود	lingo	Winqsb	درصد بهبود	lingo	WinQSB	lingo	Winqsb
نیزار	۱۹	۲۰	۰	۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰	۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰	۰	۱	۱۳	۰/۰۳۱	۰/۶۸
شرکت تعاونی	۱۲	۱۳	۰	۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰	۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰	۰	۱	۱۰	۰/۰۱۶	۰/۳۷

• کیفیت جواب یا تابع هدف

میزان تابع هدف بهینه در کارخانه نیزار با نرم افزار (lingo) و نرم افزار WinQSB یکسان و برابر با ۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰ ریال می باشد، در کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی نیز میزان تابع هدف بهینه در هر دو نرم افزار یکسان و برابر با ۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰ ریال می باشد و تفاوتی ما بین جواب دو نرم افزار مشاهده نمی شود. که نشان دهنده این است که عملکرد نرم افزار (lingo) نسبت به نرم افزار WinQSB از نظر تابع هدف یکسان می باشد و درصد بهبودی را نشان نمی دهد.

• زمان محاسبات

به منظور سنجش کارایی نرم افزار لینگو (lingo) نسبت به نرم افزار WinQSB، همانطوری که در جدول شماره (۹) مشاهده می شود، در کارخانه نیزار مدت زمان لازم برای رسیدن به جواب در نرم افزار لینگو (lingo) برابر ۰/۰۱ بوده و در نرم افزار WinQSB برابر ۰/۰۳۱ است. در نتیجه میزان زمان محاسبه شده به وسیله نرم افزار لینگو (lingo) نسبت به نرم افزار WinQSB کم بوده که نشان دهنده این است که عملکرد نرم افزار لینگو (lingo) نسبت به نرم افزار WinQSB بهتر، و ۰/۶۸ درصد بهبود را نشان می دهد. اما در شرکت تعاونی مدت زمان لازم برای رسیدن به جواب اولیه در نرم افزار لینگو (lingo) برابر ۰/۰۱ بوده و در نرم افزار WinQSB برابر ۰/۰۱۶ است. در نتیجه میزان زمان محاسبه شده به وسیله نرم افزار لینگو (lingo) نسبت به نرم افزار WinQSB کم بوده و ۰/۳۷ درصد بهبود نشان می دهد.

• تعداد تکرار

همان طور که در جدول شماره (۹) نشان داده شده است در کارخانه نیزار تعداد تکرار برای رسیدن به جواب اولیه در نرم افزار لینگو (lingo) برابر ۱ بوده و در نرم افزار WinQSB برابر ۱۳ است. در نتیجه میزان تعداد تکرار نرم افزار (lingo) کم بوده که نشان دهنده این است که عملکرد نرم افزار لینگو (lingo) نسبت به نرم افزار WinQSB بهتر، و ۰/۹۲ درصد بهبود نشان را می دهد. اما در شرکت تعاونی تعداد تکرار لازم برای رسیدن به جواب اولیه در نرم افزار لینگو (lingo) برابر ۱ بوده و در نرم افزار WinQSB برابر ۱۰ است. در نتیجه میزان تعداد تکرار نرم افزار لینگو (lingo) کم بوده و ۰/۹۰ درصد بهبود نشان می دهد. به طور خلاصه همانطوری که دیده می شود، می توان نتیجه گرفت که نرم افزار لینگو (lingo) از نظر تکرار لازم برای رسیدن به جواب نهایی و زمان محاسباتی بهترین کارایی را در مقایسه با نرم افزار WinQSB برای انتخاب بهترین تامین کننده تولید را دارد. ولی از نظر کیفیت جواب یا تابع هدف بهینه تفاوتی را نشان نمی دهد.

۹- نتیجه گیری

این پژوهش با هدف ارائه مدل ریاضی انتخاب تامین کننده تولید در زنجیره تامین با رویکرد الگوریتم زنبورعسل در واحدهای تولیدی صنایع لبنیاتی شهرستان ماکو انجام شد، ابتدا مدل ریاضی انتخاب تامین کننده شیر، بصورت برنامه ریزی خطی با مفروضاتی از قبیل تامین یک نوع مواد شیر (تک محصولی)، با شرایط لازم و یکسان کیفیت، تحویل به موقع، تعهدات و الزامات زیست

تابع هدف حداکثرسازی کیفیت، حداقل سازی زمان تحویل و حداقل سازی هزینه حل نمودند.

در تجزیه و تحلیل سوال دوم که بیان می داشت: آیا انتخاب تامین کننده مواد اولیه در زنجیره تامین را با استفاده از الگوریتم زنبور عسل، می توان حل نمود؟ نتایج نشان داد که در کارخانه نيزار برای انتخاب تامین کننده مناسب شیر با رویکرد الگوریتم زنبور عسل تامین کنندگانی مانند دامداران روستاهای اینجه، قوریشکاک و آغگل با توجه به ظرفیت تامین آنها، بیشترین سهم را به خود اختصاص و آنها را باید انتخاب نمود و با توجه به افزایش تقاضا به سراغ سایر تامین کنندگان رفت و در کارخانه شیر پاستوریزه شرکت تعاونی نیز سایر دامداران، دامداران روستاهای حاج موسی، عباس کندی، تازه کند و دامداران روستای زاویه را انتخاب نمود. که هم راستا با نتایج تحقیق رزازی، بانک توکلی (۱۳۹۳) تحت عنوان انتخاب تامین کنندگان و تخصیص سفارش به آنها تحت شرایط پویا در زنجیره های تامین، می باشد، در پژوهش حاضر، با تکیه بر تکنیک های خوشه بندی داده ها یک الگوریتم جدید جهت انتخاب تأمین کنندگان پیشنهاد گردید. این الگوریتم قادر است تا مجموعه بهینه تأمین کنندگان را در هر زیر دوره انتخاب، در کنار کمینه نمودن هزینه های انتخاب، پیدا نماید و یا نتایج مطالعات اعظمی قره تپه، زنجیر و مرادی با ارائه یک روش خوشه بندی فازی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی کلونی زنبورعسل نشان می دهد که الگوریتم بهینه سازی کلونی زنبورعسل در میان الگوریتم های موجود بهترین کارایی را دارد، از آن می توان به عنوان گزینه ی خوبی برای پیدا کردن بهترین یا نزدیک به بهترین راه حل استفاده کرد. این الگوریتم با تعداد 10 عدد زنبورهای کارگر؛ 10 عدد زنبور تماشاگر و 900 بار تکرار برای 10 منبع غذایی به اجرا گذاشته شد.

در تجزیه و تحلیل سوال سوم که بیان می داشت: آیا هزینه های واحد تولیدی را با مدل طرح شده انتخاب تامین کننده مواد در زنجیره تامین، می توان کاهش داد؟ که نتایج نشان داد تابع هدف برای هزینه تامین شیر در کارخانه نيزار تولید پنیر لیقوان کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی توسط تامین کننده با مقدار های تخصیص یافته، بیانگر کاهش هزینه ها بود. نتایج

محیطی برای همه تامین کننده ها طرح گردید، در این مدل پارامترهایی مانند هزینه خرید شیر، هزینه حمل و نقل شیر، میزان خرید شیر از تامین کننده ها، تعداد تامین کننده های شیر، ظرفیت تولید شیر توسط تامین کننده ها، حداقل شیر موردنیاز در نظر گرفته شدند. اهداف این تحقیق شامل مینیمم سازی هزینه های تامین شیر، تامین حداقل شیر موردنیاز و انتخاب تامین کننده مناسب شیر بود.

در تجزیه و تحلیل سوال اول که بیان می داشت: آیا انتخاب تامین کننده مواد اولیه (شیر) در زنجیره تامین را با استفاده از مدل ریاضی، می توان فرمول بندی کرد؟ نتایج حاصل از یافته های این پژوهش نشان داد که با در نظر گرفتن، پارامترهایی مانند هزینه خرید شیر، هزینه حمل و نقل شیر، میزان خرید شیر از تامین کننده ها، تعداد تامین کننده های شیر، ظرفیت تولید شیر توسط تامین کننده ها و حداقل شیر موردنیاز کارخانه ها، می توان مساله انتخاب تامین کننده شیر در زنجیره تامین را با مدل ریاضی فرمول بندی کرد، نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات صادقی مقدم، افسر و سهرابی (۱۳۸۴) هم راستا است که در مدل ریاضی جریان مواد در زنجیره تامین، تابع هدف آن درصد حداقل کردن هزینه های حمل و نقل، کمبود و نگهداری موجودی است. مدل در جهت تخصیص مناسب سفارشها در سطوح مختلف زنجیره با توجه به حداقل کردن هزینه های مورد نظر مسأله ارائه شده است. یا گابالا (۱۹۷۴) اولین کسی بود که برنامه ریزی ریاضی را برای تخصیص سفارشات به تامین کنندگان در یک فعالیت واقعی به کار برد. چیرا و میندل (۲۰۰۷) بیان می کنند، به جز قیمت، فاکتورهای مهم دیگری وجود دارند که در هزینه تامین موثر هستند و هنگام تصمیم گیری در فرایند تامین باید آن را در نظر گرفت، در میان این فاکتورها کیفیت و تحویل به موقع مهم ترین فاکتور می باشند. در حالیکه بیلسل و راویندران (۲۰۱۱) یک مدل منبع یابی چندکالا که تقاضا، ظرفیت تامین کنندگان، هزینه ی سفارش دهی و هزینه ی حمل و نقل در نظر گرفته و مسأله را با استفاده از برنامه ریزی صفر و یک مختلط خطی چند هدفه با سه

کافی در انتخاب تامین کننده ارائه کرده است. یک هم راستایی دیگر تحقیقات قجاوند (۲۰۱۱) می باشد که یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح آمیخته با هدف حداقل سازی هزینه ها ارائه داد. بطوری که تمام تقاضای مشتریان برآورده شد، البته سه الگوریتم فرا ابتکاری شامل الگوریتم ممتیک، الگوریتم جستجوی محلی متغیر و الگوریتم فرایند گروهی برای حل مدل به کار گرفته شدند. در حالیکه در تحقیقات ارائه شده توسط زانگ (۲۰۱۱) یک مدل برنامه ریزی غیرخطی صفر و یک مختلط با تقاضای احتمالی برای به حداقل رساندن هزینه کل شامل هزینه های انتخاب، خرید، نگهداری و کمبود توسعه داده شد. مدل آنها ریسک تامین و تخفیف قیمت بر اساس مقدار سفارش را نادیده می گیرد. سپس آنها یک الگوریتم شاخه و کران برای حل این مدل به کار گرفتند. در حساسیت الگوریتم زنبور عسل نسبت به تغییر پارامترها یعنی وقتی تعداد زنبورهای کل زنبور افزایش می یابد میزان تابع هدف بهبود و کیفیت جواب بهتر می شود. بنابراین هر چه قدر تعداد تکرار و تعداد زنبورهای کل بیشتر باشد جواب نهایی بهبود خواهند یافت. در اعتبار سنجی مدل سازی ریاضی با از نرم افزار (lingo) و نرم افزار WinQSB استفاده شده است نهایتاً اینکه جواب به دست آمده به وسیله هر دو نرم افزار که همان جواب بهینه نهایی هستند و دارای تابع هدف بهینه می باشد، نشان دهنده اعتبار بودن مدل ریاضی می باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده و نتایج بدست آمده پیشنهاد می گردد در تحقیقات آینده، توسعه مدل مسئله و رویکرد حل مسئله مورد توجه قرار گیرند. مانند توسعه مدل برای چند نوع محصول و غیر قطعی بودن مقدار تقاضای مورد نیاز و در کنار تابع هدف مینیمم کردن هزینه، تابع هدف دیگری مانند مینیمم کردن تابع جریمه تصمیم ها و یا به کارگیری الگوریتم های دیگری مثل جستجوی ممنوع و جستجوی پراکنده پرداخته شود.

حاصل از این تحقیق هم راستا با یافته های ربیعه، آذر، مدرس یزدی و فرد حقیقی (۱۳۹۳) می باشد که نشان داد منبع یابی و تخصیص سفارش به تامین کنندگان مناسب، هزینه های تامین را به شکل قابل ملاحظه ای کاهش و قابلیت رقابت پذیری سازمان را افزایش می دهد. صادقی مقدم، مومنی و نالچیکر (۱۳۸۸) با عنوان برنا مه ریزی یکپارچه تامین، تولید و توزیع زنجیره تامین با بکارگیری الگوریتم ژنتیک در کارخانه کاجیران پرداختند. تابع هدف مدل به دنبال مینیمم کردن هزینه های مرتبط با زنجیره تامین می باشد. نتایج حاصل از مدل با وضعیت موجود مقایسه که نتایج حاصل از مقایسه وضعیت موجود با جواب های مدل طراحی شده نشان دهنده کاهش هزینه ها به میزان ۸/۶ درصد می باشد بنابراین با این مدل با توجه به میزان تقاضا به انتخاب تامین کنندگان پرداخته، و مشخص گردید که از کدام تامین کننده و به چه مقدار قطعات خریداری گردد تا تابع هدف در بهترین حالت رضایت بخش خود باشد، یعنی پس از حل مدل با الگوریتم ژنتیک بهترین جواب رضایت بخش که کمترین میزان هزینه را دارا می باشد انتخاب شده است. در حالیکه گوسن و همکاران مساله تامین خرید را چند کالایی از مجموعه ای از تامین کنندگان را با در نظر گرفتن فقط مینیمم کردن تابع هزینه خرید را مطرح، بطوریکه سایر معیار ها ی موثر در مدل برنامه ریزی خطی آنها وجود نداشت، آنها در تحقیق خود فرض نمودند همه تامین کنندگان فقط طرح تخفیف کلی را پیشنهاد نموده اند

در تجزیه و تحلیل سوال چهارم که بیان می داشت: آیا حداقل مواد مورد نیاز را با مدل طرح شده انتخاب تامین کننده مناسب مواد، می توان تامین نمود؟ نتایج نشان داد با مدل طرح شده در کارخانه نیزار تولید پنیر لیقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی، مقدار شیر مورد نیاز، توسط تامین کننده ها با مقدارهای تخصیص یافته، تامین شد و هم راستا با یافته های سلیمانی شیری (۱۳۸۸) می باشد که یک مدل تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین تامین کنندگان در زنجیره تامین مطالعه موردی صنایع خودروسازی، با در نظر گرفتن معیارهایی مانند تقاضای کل، محدودیت ظرفیت، نرخ خرابی، هزینه خرید واحد و عوامل کمی و

فهرست منابع

- ۸) فرج پور، فرنوش (۱۳۹۱)، گزارش بررسی نقش فناوری RFID در مدیریت زنجیره تامین، درس تاثیر IT در سازمان و مدیریت، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده مدیریت و حسابداری.
- ۹) نژادی، فرناز، مدلسازی و حل مسئله انتخاب تامین کننده چندهدفه احتمالی در زنجیره تامین سبز با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری چندهدفه، پایاننامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، دانشکده فنی و مهندسی، (۱۳۹۳).
- ۱۰) هوگس، میثائیل، (۲۰۰۸)، اصول و مبانی مدیریت زنجیره تامین، مترجمان محسن شیخ سجادی و محمدرضا اکبری جوکار، انتشارات آدینه، تهران، جلد اول، چاپ اول.
- ۱۱) یانگ، گای و مارکو دیروگو، (۲۰۰۵)، هوش دسته جمعی و بهینه سازی کلونی زنبور عسل، ترجمه کاوه نوذراصل، لطفی زاده.
- 12) Altiparmak F., Gen M., Lin L., Paksoy T.; "A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks"; *Computers and Industrial Engineering*, (2006). Vol. 51, pp.197–216.
- 13) Bhattacharya, A., Sarkar, B., Mukherjee, S. K., (2005). Integrating AHP with QFD for robot selection under requirement perspective. *International Journal of Production Research*, 43(17), 1 September, 3671–3685.
- 14) Dargi, A., Anjomdhoae, A., Rahiminezhad Golanshaki, M., Memari, A., Binti, M. Md. tap. (2014). Supplier selection: A fuzzy ANP approach. *Journal of Procedia Computer Science*, 31, 691-700.
- 15) Eltayeb, K.; Zailani, T. & Ramayah, S. (2010). Green Supply Chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes, *Resources, Conservation and Recycling*, 55: 495-506.
- 16) Errtugrul Karsak, E., Dursun, M., (2015). An integrated fuzzy MCDM approach for supplier evaluation and selection. *Journal of Computers and Industrial Engineering*, 82, 82-93.
- 17) Gonzalez, M. E., Quesada, G., Monge, C. A. M., (2004). Determining the importance of the supplier selection process in manufacturing33: a case study. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (6), 492–504.
- ۱) احمدی، مهدی، رکسانا فکری، مرضیه باباییان پور و محمد فتحیان، (۱۳۹۵)، چابک سازی زنجیره تامین خدمات پس از فروش خودرو سنگین در ایران، نشریه علمی - پژوهشی بهبود مدیریت، سال دهم، شماره ۱، پیاپی ۳۱، بهار ۹۵، صفحات ۱۰۱-۱۲۲.
- ۲) آذر، عادل، لیلیا مرتضوی و محمد مهدی عباسی، (۱۳۹۶)، مفهوم شناسی کیفیت در مدیریت زنجیره تامین با استفاده روش شبکه خزانه، پژوهش های مدیریت منابع سازمانی، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶.
- ۳) خان محمدی، محسن، (۱۳۹۲)، ارزیابی و انتخاب تامین کننده در حوزه مدیریت زنجیره تامین با استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره فازی مطالعه موردی (صنعت هوانوردی عمومی)، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، گرایش تحقیق در عملیات دانشکده مدیریت - گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
- ۴) خیرمند، مهتری و امین راحتی، (۱۳۹۳)، مقایسه کارایی الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی و الگوریتم قوی و کارآمد کلونی زنبورعسل مصنوعی در بهینه سازی عددی، اولین کنفرانس ملی ریاضیات صنعتی تبریز، ۷ خرداد ۹۳.
- ۵) رزازی، محمدرضا و مهسا بانک توکلی، (۱۳۹۳)، انتخاب تامین کنندگان و تخصیص سفارش به آنها تحت شرایط پویا در زنجیره های تامین، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، جلد ۲۵، شماره ۴، اسفندماه.
- ۶) شفیعی، مرتضی، (۱۳۹۰)، ارزیابی و انتخاب تامین کننده بر اساس مدل Fuzzy DEA & DFA، سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده ها، دانشگاه آزاد فیروزکوه، تیرماه ۱۳۹۰.
- ۷) شیخی، نرگس، (۱۳۹۱)، تبیین نقش راهبردی عملیات مدیریت زنجیره تامین در بهبود عملکرد شرکت (مطالعه صنعت مواد غذایی ایران)، مطالعات مدیریت راهبردی شماره ۱۰، تابستان ۹۱، صفحات ۳۵-۶۰.

- 18) Gonzalez, M. E., Quesada, G., Monge, C. A. M., (2004). Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment. *Applied Soft Computing*, 10(4): 1013-1027.
- 19) Karaboga, D., (2005). An idea based on honey bee swarm for numerical optimization- Technical Report TR06, Engineering Faculty, Computer Engineering Department, 10p.
- 20) Lee, H.I.; Kang, H-Y.; Hsu, C-F. & Hung, H-C., (2009). A green supplier selection model for high-tech industry, *Expert Systems with Application*, 36: 7917-7927.
- 21) Metters R., (1997). Quantifying the Bullwhip Effect in supply chains. *Journal of Operation Management*, 15(2), 89-100.
- 22) Omurca, S. I., (2013). An intelligent supplier evaluation, selection and development system. *Journal of Applied soft computing*, 13, 690-697.
- 23) Olugu, E.; Yew Wong, K. & Shaharoun, A.M., (2010). Development of key performance measures for the automobile green supply chain, *Resources, Conversation and Recycling*, 55: 567-579
- 24) Ponte, B., Sierra, E., Fuente, D. D. & Lozano, J., (2017). Exploring the interaction of inventory policies across the supply chain: An agent-based approach. *Computers & Operation Research*, 78, 335-348.
- 25) Shang, K-C.; Lu, C-H. & Li, S., (2010). a taxonomy of green supply chain management capability among electronic-related manufacturing firms in Taiwan, *Journal of Environmental Management*, 91: 1218-1226
- 26) Srivulaki, E., & Davis, M., (2010). "Aligning product with supply chain processes and strategy". *The international journal of logistic management*, 21, 127-151.

یادداشت‌ها

¹ -cristfer

² Algorithm Bees colony

³ Karaboga