فصلنامه آینده‌پژوهی مدیریت
سال سی‌ویکم/ شماره ۱۲۱ / تابستان ۱۳۹۹

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

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 دریافت: ۹۷/۱۰/۲۲ **تاریخ پذیرش:** ۹۹/۱۰/۰۲

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 پارامتر هایی مانند هزینه خرید شیر، هزینه حمل و نقل، میزان خرید شیر، تعداد تامبن 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 تأمین، انتخاب تأمین کننده، مدل ریاضی، الگوریتم زنبورعسل، هزینه خرید و هزینه حمل و نقل.

۱- مقدمه

امروزه شرکت ها مجبور هستند برای ارتقای کیفیت محصول خود، همکاری های گسترده و مدیریت تنگاتنگی با دیگر شرکت های درگیر در زنجیره تأمین محصول داشته باشند. افزایش تنوع در تقاضای مشتریان، پیشرفت های اخیر فناوری در ارتباطات و سیستم های اطلاعاتی، رقابت در عرصه جهانی و افزایش قوانین و مقررات دولتی، سازمان ها را ملزم به تمرکز بر زنجیره تأمین کرده است(آذر، ۱۳۹۵). در عصر کنونی، شرکتها با چالش ها 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 فعالیت های داخلی شرکت، به ارتباطات و تعاملات مناسب و به هنگام با تأمین کنندگان و مشتریان خود توجه خاصی مبذول می کنند 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 نظرگرفتن تأمین کنندگان و مشتریان امری بی فایده به نظر می رسد و سازمان هایی که با همکاری یکدیگر در جهت اهداف مشترک گام برمی دارند، دارای عملکرد بهتری هستند(شیخی، ۱۳۹۱). با جهانی شدن بازار محصولات و رشد اقتصاد جهانی، سازمانها برای بقای خود نیازمند مکانیزم های جدید و به روزی شدند که بتواند الزامات آنها را تأمین کنند. در سال های اخیر سازمانها دریافتند 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 بخش های مختلفی تشکیل شده بود که هر کدام فعالیت مستقلی داشتند و اهداف جداگانه ای را دنبال می کردند 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 می کند (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 تصمیم ها 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 تامین کنندگان مواد اولیه مانند شیر در در واحدهای تولیدی صنایع لبنیاتی شهرستان ماکو با استفاده از رویکرد الگوریتم فراابتکاری زنبورعسل تشریح می شود و پس از بیان و بررسی چنین مسئله ای، اهداف و مسئله های پژوهشی و روش پژوهش تعریف می شوند.

۲- بیان مسأله

اخیرا مدیریت زنجیره تأمین و فرایند انتخاب تأمین کنندگان در متون مدیریت مورد توجه خاصی قرار گرفته است و از عوامل مهم بقا در محیط پررقابت امروزی، کاهش هزینه های تولید محصول است. انتخاب تأمین کنندگان مناسب می تواند به شکل عمده ای هزینه های 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 عمده ای از بهای تمام شده محصول را در بر می گیرد(نژادی، ۱۳۹۳). انتخاب تامین کنندگان مناسب و تخصیص سفارش به آنها یکی از فعالیت های مهم استراتژیکی مدیریت زنجیره تامین می باشد و در مرحله توسعه انجام می شود(رزازی و دیگران، ۱۳۹۳). انتخاب تامین کننده موضوع مهمی در زنجیره تامین محسوب می شود، بگونه ای که تولید کنندگان ۶۰ درصد از زمان خود را صرف تامین مواد اولیه، اجزا و قطعات می کنند، بعلاوه اینکه ۷۰ درصد از هزینه های تولیدی مربوط به خرید کالا و خدمات می شود(شفیعی، ۱۳۹۰). انتخاب تامین کننده، فرایند تعیین، ارزیابی و بستن قرارداد با تامین کنندگان است و منابع مالی زیادی از زنجیره تامین را به خود اختصاص می دهد، امروزه تقریبا نصف درآمد زنجیره تامین صرف خرید خدمات، مواد خام و اجزا می شود. بنابراین، موفقیت زنجیره تامین بستگی به ارتباط با تامین کنندگان دارد و نقش واحد خرید بسیار اهمیت پیدا می کند. فرایند انتخاب تامین

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 تامین‌کننده موثر به مدل‌های تجزیه و تحلیلی توانمند و ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری برای توانایی ایجاد توازن بین معیارهای چندگانه ذهنی و عینی نیازمند است (Bhattacharya & et al, 2010). بنابراین فرآیند انتخاب تامین‌کننده 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 می‌کند (Gonzaılez & 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 لیقوان 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 تأمین کننده را در چارچوب یک روش تحقیق در عملیات، مدل سازی نموده، و از سوی دیگر این مساله 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 تأمین 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:

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 موردنیاز 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 ازآنجایی که این مزایای رقابتی به وسیله رقبا تقلید می شدند، از پایداری لازم برخوردار نبودند. درواقع تلاش برای بهینه سازی فرآیندهای سازمانی بدون در نظر گرفتن شرکت های بیرونی، به خصوص تأمین 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 تأمین متولد شد Srvulaki) . (Davis, 2010 & زنجیرهٔ تأمین، شامل تمام شرکت کنندگانی است که برای برآوردن تقاضای مشتری نهایی تلاش می کنند. بنابراین مدیریت زنجیرهٔ تأمین، مجموعهٔ وسیعی از کلیهٔ فرایندهای بین تأمین 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،

ذخیره سازی و نظارت) دسته بندی می شوند (Ponte & et al., 2017). از نظر کریستفر[1]، زنجیره تأمین، 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 مؤثرِ رسیدن به مزیت هزینه ای، حتماً حجم محصولات و مقیاس اقتصادی نیست، بلکه مدیریت زنجیره تأمین 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 طورکلی، 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 فراتر از افزایش سهم بازار دست یابند(Olugu & et al, 2010). در زنجیره تأمین، تأمین کنندگان به عنوان یک مؤلفه کلیدی موفقیت عمل می کنند زیرا انتخاب درست تأمین 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 ارایه دهد (Shang, 2010; Lee & et al., 2009; Eltayeb & et al., 2010). یکی از مشکلاتی که امروزه زنجیره های تأمین را دچار اختلال می کند، تنوع تقاضا و تغییرات آن از سوی مشتری نهایی است که تأثیر زیادی بر زنجیرهٔ تأمین 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 تأمین 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 تامین‌کننده 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 می‌کند (Gonzaılez & et al., 2004). گراهام و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله ی خود درباره ی اهمیت انتخاب تأمین کنندگان در مدیریت زنجیره تأمین سبز سخن به میان آورده و با استفاده از روش AHP و TOPSIS به بررسی معیارها و امتیازدهی تأمین کنندگان با توجه به عوامل اقتصادی و زیست محیطی پرداخته است. اُبراین و قدسی پور برای حل مسأله انتخاب تأمین 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

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 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. بیلسل و راویندران (۲۰۱۱) یک مدل منبع یابی چندکالا که تقاضا، ظرفیت تأمین 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 تأمین کننده براساس معیارهای چابکی(مطالعه موردی: صنعت کاشی و سرامیک استان یزد) با رویکرد تلفیقیAHP-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 تأمین کننده به موضوع انتخاب تأمین کننده استوار با رویکرد برنامه ریزی احتمالی نشان داد که انتخاب تأمین کننده، یک تصمیم استراتژیک مهم در حوزه طراحی زنجیره تأمین می باشد. که هدف آن، تعیین مجموعه های حداقلی از تأمین کنندگان و تعیین مقدار سفارش با لحاظ نمودن تخفیف های مقداری است و مدل، به صورت برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط فرمول بندی گردید.

۴- روش ها و مدلسازی 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 فرابتکاری 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 لیقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی می باشد. بنابراین ابتدا مدلی برای مسئله انتخاب تامین کننده زنجیره تأمین 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 تأمین نیاز به تجزیه و تحلیل اطلاعات و حل مدل بود و سپس رویکردی نیز برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از طریق الگوریتم فراابتکاری 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 اصطلاحا به آن نقطه بهینه می گوییم. 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

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 حالته 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 ازاین 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 نیزار تولید پنیر لیقوان 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 تأمین 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 تجزیه و تحلیل و پیاده سازی الگوریتم مورد استفاده قرار گرفت. همچنین برای اعتبار سنجی مدل سازی ریاضی جهت انتحاب 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 هستندکه می توان به مبانی نظری زیر اشاره کرد.

مسئله ی انتخاب تأمین کننده شاید مهمترین جزء عملیات خرید در یک سازمان یا شرکت باشد. برخی معیارهای عمومی و مؤثّر در انتخاب یک تأمین کننده را می توان کیفیت، قیمت، تحویل و خدمات برشمرد. این معیارهای ارزیابی اغلب با یکدیگر در تعارض بوده و به طور کلّی 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 تأمین کننده مورد توجه قرار گیرد(خان محمدی، ۱۳۹۲). درنتیجه 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 درنهایت موفقیت سازمان دررسیدن به اهداف خود می گردد(Omurca, 2013). انتخاب تامین کننده بر دو وجهه اصلی تمرکز دارد، اول تمرکز بر روی تعیین شاخص های موردنظر جهت انتخاب تامین کنندگان و دوم شناسایی تامین کنندگان موردنظر و ارزیابی آن ها با توجه به تکنیک ها و روش های موجود(Dargi & et al., 2014). با توجه به توضیحات بالا در کارخانه نیزار تولید پنیر لیقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی برای انتخاب تامین کننده با توجه به مفروضات زیر به ارائه مدل پرداخته شده است:

- مدل ارایه 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 نطر کیفیت، تحویل به موقع شرایط لازم و یکسان را دارند: توصیح 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: توصیح 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 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

Xi	میزان خرید محصول یا قطعه مورد نظر توسط تامین کننده i
i	تعداد تامین کننده
ci	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
bi	ظرفیت تولید قطعه یا مواد از تامین کننده i
D	حداقل قطعه موردنیاز

متغیرهای تصمیم تحقیق

اگر از تامین کننده i تامین شود $Xi > ۰$

i = ۱ و ۲ و ۳ , ۰۰۰۰n

اگر از تامین کننده i تامین نشود $Xi = ۰$

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

$$\textbf{Minimize z} = \sum_{i}^{N}(ci + c'i)xi$$

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 تولیده نهایی محصول برای تقاضای مصرف کننده نهایی.

$$\text{Subject to:} \quad \sum_{n}^{N} xi \geq D \quad \text{i} = 1 \ldots \text{N} \qquad (۱)$$

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

$$\text{Subject to:} \qquad Xi \leq bi \qquad (۲)$$

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

$$\text{Minimize } z = \sum_{i}^{N} (ci + c'i)xi$$

$$\text{Subject to: } \sum_{n}^{N} xi \geq D \quad i = 1 \ldots N \qquad (۱)$$

$$Xi \leq bi \qquad (۲)$$

$$Xi \geq 0 \qquad i = (1,2,3,.....n)$$

۵- الگوریتم فراابتکاری زنبور عسل[۲](ABC):

الگوریتم زنبور عسل توسط کارابوگا[۳] درسال ۲۰۰۵ مبتنی بر رفتار کاوشی زنبور عسل در یافتن منابع غذایی مناسب برای حل مسائل بهینه سازی، یک هدفه، چند حالته 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:

زنبورها ی کارگر، تماشاچیان 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)

$$Xij = Xj(min) + rand(0,1)\,(Xj(max) - Xj(min))$$

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 Xi (راه حل در حافظه) یک همسایگی جدید Vi 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)

$$vi,j = xi,j + \Phi i,j \times (xi,j - xk,j)$$

۳- فاز زنبور ناظر

زنبورهای کارگر اطلاعات مربوط به راه حل ها را از طریق رقص در مرکز تجمع کندو، با زنبورهای ناظر در میان می گذارند؛ که این، معادل نبست 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)

$$fitness_i = \begin{cases} \frac{1}{1+fit_i}, & fit_i \geqslant 0 \\ 1 + abs(fit_i), & fit_i < 0 \end{cases}$$

فرمول(۴)

$$p_i = \frac{fitness_i}{\sum_{j=1}^{SN} fitness_i}$$

زنبور ناظر با انتخاب تصادفی مبتنی بر احتمال راه حلها، راه حلی را انتخاب کرده و مطابق با فرمول (۲)، به جستجوی یک همسایگی Vi برای این راه حل انتخاب شده می پردازد. سپس با انتخاب حریصانه مبتنی بر شایستگی، از بین ، Viو Xi آن یکی که شایسته تر 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 شهد نامطلوب شناسایی شدند، ترک و به تصادف ناحیه های دیگری را انتخاب می کنند. درصورتی 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.

۵- مراحل الگوریتم زنبورعسل

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 (یانگ و دیروگو، ۲۰۰۵).

۶- بکارگیری الگوریتم زنبور عسل

مطالعه موردی کارخانه نیزار ماکو تولید کننده پنیر، 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. ضمنا 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.

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 آغگل	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 اینجه	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

متغیرهای تصمیم تحقیق

اگر از تامین کننده i تامین شود Xi >۰

۱۹ ۰۰۰۰ ,۳ و ۲ و ۱ = i

اگر از تامین کننده i تامین نشود Xi =۰

تابع هدف تلاش بر حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین شیر مورد نیاز(هزینه خرید و حمل ونقل) 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:

$$x_1+x_2+x_3+x_4+x_{5+}.....+x_n \geq 360000$$

i = ۱... ۱۹ (۱)

$$x_1 \leq 27300 \quad x_2 \leq 44600 \quad x_3 \leq 24800$$

$$x_4 \leq 49600 \quad x_5 \leq 23560$$

$$x_6 \leq 26000 \quad x_7 \leq 22320 \quad x_8 \leq 49600$$

$$x_9 \leq 23560 \quad x_{10} \leq 24800$$

$$x_{11} \leq 27300 \quad x_{12} \leq 22320 \quad x_{13} \leq 23560$$

$$x_{14} \leq 49600 \quad x_{15} \leq 49600$$

$$x_{16} \leq 44600 \quad x_{17} \leq 24800 \quad x_{18} \leq 31000$$

$$x_{19} \leq 18600 \quad x_5 \leq 23560$$

$$Xi \geq 0 \qquad i=(1,2,3,....19)$$

اجرا الگوریتم زنبور عسل:

تعیین پارامتر های الگوریتم

تعداد متغیرها (nvar): که همان داده های مربوط به ورود 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÷۲=۲۵

تعداد زنبورهای نگهبان(N_unlooker): ۲۵ زنبور

NB-SN =۵۰ -۲۵ =۲۵

حداکثر تعداد تکرار یا چرخه(MCN): ۲۰۰

ماتریس سنجش(Trial): فعلا 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 کد های 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: کد های 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.

```
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 می شود، به ازای هر واحد یک جواب کاملا 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)=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:

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 می کند، تعیین بعد حرکت(j): به طور تصادفی یکی از متغیرها را انتخاب و در آن بعد حرکت انجام می گیرد، 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 می آید(هر زنبور کارگر، به طور تصادفی یک همسایه انتخاب می کند و از طریق معادله زیر، به سمت آن حرکت می کند).

```
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 Øij 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 $k \in \{1, 2, \ldots, SN\}$ و $j \in \{1, 2, \ldots, D\}$ شاخص شان به صورت تصادفی انتخاب شده است. Xk, j یک همسایگی xi, j در جمعیت است به طوریکه k و i تصادفی انتخاب می شوند.

احتمال دارد موقعیت زنبور جدید خارج از ناحیه موجه قرار گیرد با توجه به دو فرمول زیر آن را در ناحیه موجه قرار می دهیم

```
NEWX=max (NEWX, lb);
NEWX=min (NEWX, ub);
```

مقدار برازندگی fit ناحیه جدید را به بدست می آوریم:

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

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

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 اصافه 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)

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

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)

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

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 =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 کوجکتر 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) =fitness (food (i), data);
     Trial (i) =0;
   End
```

بهترین منبع یا منطقه غذایی این تکرار را شناسایی کنید

```
[value,index]=min([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. درصورتی که یک منبع غذایی بهتر پس از رسیدن شاخص سنجش به حد تعیین

شده یافت نشود، منبع غذایی جدیدی توسط زنبورهای پیشرو به صورت تصادفی با استفاده از معادله زیر مقداردهی می گردد:

$$Xij = Xj(min) + rand(0, 1)(Xj(max) - Xj(min))$$

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 می شود، بهترین 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:

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

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

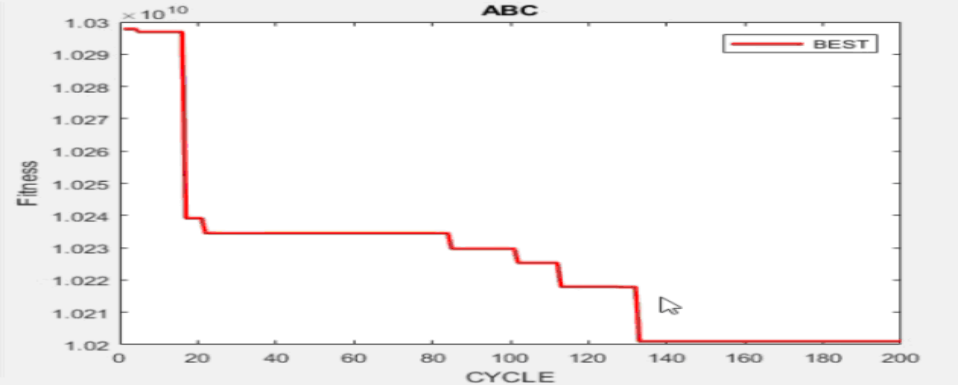
پس تابع هدف تلاش بر حداقل رسانیدن مجموع هزینه تامین مواد مورد نیاز(هزینه خرید و حمل ونقل) در کل برنامه برابر با:

$$\text{Minimize } z = ۱۰۲۰۰۹۷۰۷۵۰$$

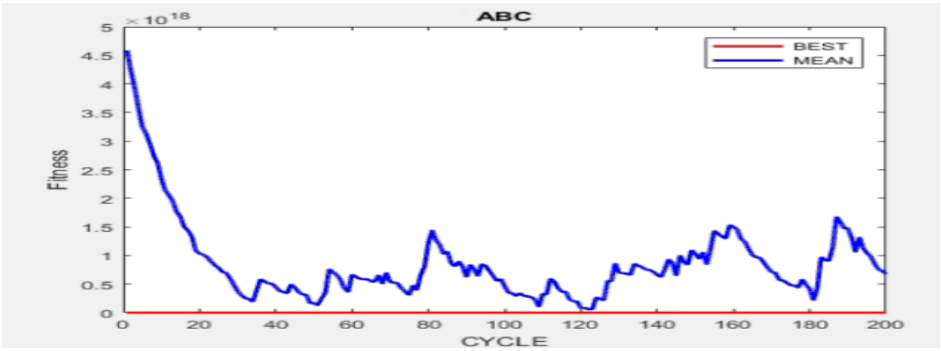
نمودار شماره (۱) مربوط به نتایج بدست آمده از میزان خرید و هزینه تامین توسط هر تامین کننده با الگوریتم زنبور عسل را نشان می دهد.

برای زنبور عسل شعاع حرکتی هم تعیین کردیم یعنی بین یک مینیمم و ماکزیمم حرکت کنند نمودار شماره (۲) نمودار بهبود یافته الگوریتم زنبور عسل را نشان می دهد.

مسئله ۲: اطلاعات مربوط به کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی می باشد که در جدول شماره (۴) آورده شده است. ضمنا 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.



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 حدقل رسانیدن مجموع هزینه تـامین مواد مورد نیاز(هزینه خرید و حمل ونقل) 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 مدل

محدودیت های شماره ۱

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_{5+}.....+ x_n \geq 450000$$

i = ۱... ۱۲ (۱)

محدودیت های شماره۲

$$x_1 \leq 55800 \qquad x_2 \leq 48600$$
$$x_3 \leq 52200 \qquad x_4 \leq 54000$$
$$x_5 \leq 54900$$
$$x_6 \leq 48600 \qquad x_7 \leq 50400$$
$$x_8 \leq 52200 \qquad x_9 \leq 46800$$
$$x_{10} \leq 48600$$
$$x_{11} \leq 46800 \qquad x_{12} \leq 63000$$

$$Xi \geq 0 \qquad i = (1,2,3,....12)$$

بـا توجـه بـه اینکـه بـه جزئیـات و مراحـل حـل رویکـرد الگوریتم زنبورعسل در مسئله یک پرداختـه شـد در ایـن مسئله از آن صرفنظر شده و فقط نتایج آن بـه شـرح زیـر در جدول شماره (۵) آورده شده است:

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

نام تامین کننده	متغیر	میزان خرید از هر تامین کننده به لیتر
روستای سدل	*x1*	۳۱۳۸۹
روستای عباس کندی	*X2*	۴۵۹۹۲
روستای مسجد لو	*X3*	۲۶۴۰۳
حاج موسی	*X4*	۵۰۱۹۷
حسین ولیزاده	*X5*	۳۱۸۶۱
قرخ بلاغ	*X6*	۳۶۹۶۰
مزرعه	*X7*	۳۸۲۱۰
تازه کند	*X8*	۴۳۶۷۶
چوخور	*X9*	۳۹۶۶۰
زاویه	*X10*	۴۲۷۹۹
حراملو	*X11*	۱۵۶۲
سایر	*x12*	۶۱۴۷۵
جمع		۴۵۰۱۸۴
تابع هدف		۷۵۲۵۷۵۴۵۰۰

۶-۱- جمع بندی و نتـایج یافتـه هـای حاصـل از الگوریتم زنبور عسل

۱- برای حل مسئله انتخاب تامین کننده مناسـب تولیـد، دو کارخانه نیزار تولید کننده پنیر لیقوان و کارخانه لبنـی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی مورد بررسی قرار گرفتند. در کارخانه نیـزار تولیـد کننـده پنیـر لیقـوان، تعـداد ۱۹ تامین کننده با توجه به هزینه خرید و هزینه حمل و نقل هر لیتر شیر و محدودیت ظرفیت تامین هر یک از تـامین کننده ها در مدل ارائه شـده بـا رویکـرد الگـوریتم زنبـور عسل به مورد اجرا گذاشته شد، طوریکـه ایـن ۱۹ تـامین

کننده، مقدار ۳۶۰۰۰۰ لیتر شیر کارخانه نیزار را تامین نماید، همان طوری که در جدول شماره (۳) مشاهده گردید، دامداران روستاهای اینجه، قوریشکاک و آغگل، 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. ضمنا الگوریتم زنبورعسل با پارامتر های زیر مورد اجرا گذاشته شد. تعداد متغیرها ۱۹، حد پایین متعیرها 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 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 مقدار۴۵۰۱۸۴ 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 آغگل 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 انحام گرفت که این تغییرات نسبت به پارامترها باعث تغییر در میزان تابع هدف شد که نتایج آن به شرح جدول شماره (۶) می باشد. ضمنا پارامترها، به صورت زیر تغییر یافتند:

تعداد کل زنبورها(NB). ۱۰ زنبور

تعداد زنبورهای کارگر یا منابع غذایی (SN): ۵ زنبور $NB \div ۲ = ۵$

تعداد زنبورهای نگهبان(N_unlooker): ۵ زنبور $= ۵$ $NB-SN = ۱۰ - ۵$

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	۳۶۰۰۰۰	۱۰۲۰۰۹۷۰۷۵۰	۲۲/۰۷۵۷
نیزار	حالت دوم	۱۰	۵	۵	۲۰۰	۳۶۰۰۰۹	۱۰۲۸۱۸۶۵۵۰۰	۴/۸۳۵۳

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 ۱۰۲۸۱۸۶۵۵۰۰ به ۱۰۲۰۰۹۷۰۷۵۰ بهبود و کیفیت 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 نهایتا 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، 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 ۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰ 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، ۴۶۸۰۰و 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 ۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰ 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.

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

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

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

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

نتیجه اینکه، با استفاده از نرم افزار (lingo) و WinQSB در کارخانه نیزار 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 نهایتا 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 ۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰ می باشد. در کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی نیز ۴۵۰۰۰۰ لیتر شیر توسط 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 کارآیی نرم افزار ها از سه مقیاس کارآیی، کیفیت جواب یا تابع هدف، تعداد تکرار و

زمان محاسبات به شرح زیر استفاده شده که نتـایج 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	تعداد متغیر	تعداد محدودیت	میزان تابع هدف			تعداد تکرار			میانگین زمان محاسباتی		
			lingo	Winqsb	درصد بهبود	lingo	WinQSB	درصد بهبود	lingo	Winqsb	درصد بهبود
نیزار	۱۹	۲۰	۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰	۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰	۰	۱	۱۳	%۰/۹۲	۰/۰۱	۰/۰۳۱	۰/۶۸
شرکت تعاونی	۱۲	۱۳	۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰	۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰	۰	۱	۱۰	%۰/۹	۰/۰۱	۰/۰۱۶	۰/۳۷

- **کیفیت جواب یا تابع هدف**

میزان تابع هدف بهینه در کارخانه نیزار بـا نـرم افـزار (lingo) و نـرم افـزار WinQSB یکسـان و برابـر بـا ۹۹۷۳۳۰۰۰۰۰ ریال می باشد، در کارخانـه لبنـی و شـیر پاستوریزه شرکت تعاونی نیز میزان تـابع هـدف بهینـه در هر دو نرم افزار یکسان و برابر با ۷۳۷۱۹۰۰۰۰۰ ریال می باشد و تفاوتی ما بین جواب دو نـرم افـزار مشـاهده نمـی شود. که نشان دهنده این اسـت کـه عملکـرد نـرم افـزار (lingo) نسبت به نرم افزار WinQSB از نظر تـابع هـدف یکسان می باشد و درصد بهبودی را نشان نمی دهد.

- **زمان محاسبات**

به منظور سـنجش کـارایی نـرم افـزار لینگـو (lingo) نسبت به نرم افزار WinQSB ، همانطوری که در جـدول شماره (۹) مشاهده می شود، در کارخانه نیزار مدت زمان لازم برای رسیدن به جـواب در نـرم افـزار لینگـو (lingo) برابـر ۰/۰۱ بـوده و در نـرم افـزار WinQSB برابـر ۰/۰۳۱است. 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 ۰/۶۸درصد بهبود را نشان می دهد. اما در شرکت تعاونی مدت زمـان لازم برای رسـیدن بـه جـواب اولیـه در نـرم افـزار لینگـو (lingo) برابر ۰/۰۱ بوده و در نـرم افـزار WinQSB برابـر ۰/۰۱۶ است. در نتیجه میـزان زمـان محاسـبه شـده بـه وسـیله نـرم افـزار لینگـو (lingo) نسـبت بـه نـرم افـزار WinQSB کم بوده و ۰/۳۷درصد بهبود نشان می دهد.

- **تعداد تکرار**

همان طور که در جدول شماره (۹) نشـان داده شـده است در کارخانه نیزار تعداد تکرار برای رسیدن به جـواب اولیه در نرم افزار لینگو (lingo) برابر ۱ بوده و در نرم افزار WinQSB برابر ۱۳ است. در نتیجه میـزان تعـداد تکـرار نرم افزار (lingo) کم بوده که نشان دهنده این اسـت کـه عملکـرد نـرم افـزار لینگـو (lingo) نسـبت بـه نـرم افـزار WinQSB بهتر، و ۰/۹۲درصد 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 برابر۱۰ است. در نتیجه میزان تعداد تکرار نرم افزار لینگو (lingo) کم بوده و ۰/۹۰درصد بهبود نشان می دهد. به طور خلاصه همانطوری که دیده مـی شـود، مـی توان نتیجه گرفت که نرم افزار لینگو (lingo) از نظر تکرار لازم برای رسـیدن بـه جـواب نهـایی و زمـان محاسـباتی بهترین کارایی را در مقایسه با نرم افـزار WinQSB بـرای انتخاب بهترین تامین کننـده تولیـد را دارد. ولـی از نظـر کیفیت جواب یا تابع هدف بهینـه تفـاوتی را نشـان نمـی دهد.

۹- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارائه مدل ریاضی انتخاب تـامین کننـده تولیـد در زنجیـره تـامین بـا رویکـرد الگـوریتم زنبورعسل در واحدهای تولیدی صنایع لبنیاتی شهرستان ماکو انجام شد، ابتدا مدل ریاضی انتخـاب تـامین کننـده شیر، بصورت برنامه ریزی خطـی بـا مفروضـاتی از قبیـل تامین یک نوع مواد شیر (تک محصولی)، با شرایط لازم و یکسان کیفیت، تحویل به موقع، تعهدات و الزامات زیست

محیطی برای همه تامین کننده ها طرح گردید، در این مدل پارامتر هایی مانند هزینه خرید شیر، هزینه حمل و نقل شیر، میزان خرید شیر از تامین کننده ها، تعداد تامبن 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، پارامتر هایی مانند هزینه خرید شیر، هزینه حمل و نقل شیر، میزان خرید شیر از تامین کننده ها، تعداد تامبن 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 درصدد 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 تأمین 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.

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 نیزار 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، رنجبر 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 پیداکردن بهترین یا نزدیک به بهترین راه حل استفاده کرد. این الگوریتم با تعداد 10 عدد زنبورهای کارگر؛ 10عدد زنبور تماشاگر و 900بار 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 نیزار تولید پنیر لیقوان کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شرکت تعاونی توسط تامین کننده با مقدار های تخصیص یافته، بیانگر کاهش هزینه ها بود. نتایج

حاصل از این تحقیق هم راستا با یافته های ربیعه، آذر، مدرس یزدی و فرد حقیقی (۱۳۹۳) می باشد که نشان داد منبع‌یابی و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان مناسب، هزینه‌های تأمین را به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش و قابلیت رقابت‌پذیری سازمان را افزایش می‌دهد. صادقی مقدم، مومنی و نالچیگر(۱۳۸۸) با عنوان برنا مه ریزی یکپارچه تامین، تولید و توزیع زنجیره تامین با بکارگیری الگوریتم ژنتیک در کارخانه کاچیران 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 میزان۸/۶ 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 مـی داشـت: آیا حداقل مواد موردنیاز را بـا مـدل طـرح شـده انتخـاب تامین کننده مناسب مواد، می توان تـامین نمـود؟ نتـایج نشان داد با مدل طرح شده در کارخانه نیزار تولیـد پنیـر لیقوان و کارخانه لبنی و شیر پاستوریزه شـرکت تعـاونی، مقدار شیر موردنیاز، توسط تامین کننده ها بـا مقـدارهای تخصیص یافته، تـامین شـد و هـم راسـتا بـا یافتـه هـای سلیمانی شیری (۱۳۸۸) می باشد که یک مـدل تصـمیم گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین تامین کنندگان در زنجیره تامین مطالعه موردی صـنایع خودروسـازی، بـا در نظر گرفتن معیارهـایی ماننـد تقاضـای کـل، محـدودیت ظرفیت، نرخ خرابی، هزینه خرید واحـد و عوامـل کمـی و کیفی در انتخاب تامین کننده ارائه کرده اسـت. یـک هـم راستایی دیگر تحقیقات قجاوند(۲۰۱۱) می باشد که یک مدل برنامه ریزی خطـی عـدد صـحیح آمیختـه بـا هـدف حداقل سازی هزینه ها ارائه داد. بطوری که تمام تقاضای مشتریان برآورده شد، البته سه الگوریتم فرا ابتکاری شامل الگوریتم ممتیـک، الگـوریتم جسـتجوی محلـی متغیـر و الگوریتم فرایند گروهی برای حل مدل به کار گرفته شدند. در حالیکه در تحقیقات ارائه شده توسط زانـگ (۲۰۱۱) یک مدل برنامه ریزی غیرخطی صـفر و یـک مخـتلط بـا تقاضای احتمالی برای به حداقل رساندن هزینه کل شامل هزینه های انتخاب، خرید، نگهداری و کمبود توسعه داده شد. مدل آنها ریسک تأمین و تخفیـف قیمـت بـر اسـاس مقدار سفارش را نادیده می گیرد. سپس آنها یک الگوریتم شاخه و کران بـرای حـل ایـن مـدل بـه کـار گرفتنـد. در حساسیت الگوریتم زنبورعسل نسبت بـه تغییـر پارامترهـا یعنی وقتی تعداد زنبورهای کل زنبـور افـزایش مـی یابـد میزان تابع هدف بهبود و کیفیت جـواب بهتـر مـی شـود. بنابراین هر چه قدر تعداد تکـرار و تعـداد زنبورهـای کـل بیشتر باشد جواب نهایی بهبود خواهند یافـت. در اعتبـار سنجی مدل سازی ریاضی بـا از نـرم افـزار (lingo) و نـرم افزار WinQSB استفاده شده است نهایتا اینکه جواب بـه دست آمده به وسیله هر دو نرم افـزار کـه همـان جـواب بهینه نهایی هستند و دارای تابع هدف بهینـه مـی باشـد، 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.

فهرست منابع

۱) احمدی، مهدی، رکسانا فکری، مرضیه بابابیان پور و محمد فتحیان، (۱۳۹۵)، چابک سازی زنجیره تأمین خدمات پس از فروش خودرو سنگین در ایران، نشریه علمی – پژوهشی بهبود مدیریت، سال دهم، شماره ۱، پیاپی ۳۱، بهار ۹۵، صفحات ۱۲۲-۱۰۱.

۲) آذر، عادل، لیلا مرتضوی و محمد مهدی عباسی، (۱۳۹۶)، مفهوم شناسی کیفیت در مدیریت زنجیره تأمین 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 تصیم 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، مهری و امین راحتی، (۱۳۹۳)، مقایسه کارایی الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی و الگوریتم قوی و کارامد 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 زنجیر ه های تامین، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، جلد۲۵، شماره۴، اسفندماه.

۶) شفیعی، مرتضی، (۱۳۹۰)، ارزیابی و انتخاب تامین کننده بر اساس مدلFuzzy DEA & DFA ، سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده ها، دانشگاه آزاد فیروزکوه، تیرماه ۱۳۹۰.

۷) شیخی، نرگس، (۱۳۹۱)، تبیین نقش راهبردی عملیات مدیریت زنجیره تأمین در بهبود عملکرد شرکت (مطالعه صنعت مواد غذایی ایران)، مطالعات مدیریت راهبردی شماره۱۰، تابستان ۹۱، صفحات ۳۵- ۶۰.

۸) فرج پور، فرنوش (۱۳۹۱) ، گزارش بررسی نقش فناوری RFID در مدیریت زنجیره تامین، درس تاثیر ITدر سازمان و مدیریت، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده مدیریت و حسابداری.

۹) نژادی، فرناز، مدلسازی و حل مسئله انتخاب تأمین کننده چندهدفه احتمالی در زنجیره تأمین سبز با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری چندهدفه، پایاننامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، دانشکده فنی و مهندسی، (۱۳۹۳).

۱۰) هوگس، میشائیل، (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 کولونی 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 Sience, 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) Gonzaılez, 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.

18) Gonzaılez, 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) Srvulaki, 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