فصلنامه علوم و فنون نظامی
سال سیزدهم، شماره ۴۳، بهار ۱۳۹۷
ص ۱۵۵- ۱۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۶

انتخاب تأمین‌کننده صنایع هفتم تیر اصفهان با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و الگوریتم ژنتیک

سلمان عباسیان نقنه*[۱]
محمد ایزدی[۲]

چکیده

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده، یکی از موضوعات مهم در حوزه مدیریت زنجیره تأمین نظامی به شمار می‌رود. اقدامات یک سازمان نظامی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا، نقش مهمی در ایجاد مزیت رقابتی و بهبود عملکرد آن سازمان دارد. این موضوع، زمانی که کالاهای مختلف برای خرید وجود داشته باشد و همچنین محدودیت‌هایی مانند میزان تقاضای هر محصول، توان تأمین‌کنندگان در تحویل کالا، زمان تحویل، کیفیت محصولات و قیمت وجود داشته باشد پیچیده‌تر می‌شود. در این مقاله، برای حل مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تأمین کالاها، از روش تلفیقی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و یک مدل ریاضی انتخاب با رویکرد حل الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. این روش در سه مرحله به حل مسئله می‌پردازد. در مرحله اول با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، وزن نسبی هر کدام از معیارها برای هر کالا محاسبه می‌شود. در مرحله دوم، امتیاز هر شرکت در هر معیار و هر کالا محاسبه می‌شود. از خروجی‌های مرحله اول و دوم به عنوان ورودی در مدل تخصیص استفاده می‌شود تا تأمین‌کنندگان و مقادیری که از هرکدام باید فراهم کنند تعیین شوند. جهت اجرای مدل، این روش در صنایع هفتم تیر اصفهان پیاده‌سازی شده است و نتایج عددی برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده از میان ۳ شرکت، برای خرید ۳ محصول و با داشتن ۴ معیار بررسی شده است. نتایج نشان داد، استفاده از روش ترکیبی الگوریتم ژنتیک و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، قادر است مسئله برنامه‌ریزی خطی مختلط انتخاب تأمین‌کننده را بخوبی حل نماید.

کلمات کلیدی:

انتخاب تأمین‌کننده، مدیریت زنجیره تأمین نظامی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، الگوریتم ژنتیک

---

[۱] استادیار گروه ریاضی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
[۲] کارشناس ارشد مدیریت صنعتی
* نویسنده مسئول salman_abasian@yahoo.com

مقدمه

از حدود یکصد سال پیش کلمه لجستیک[1] و مفاهیم اجرایی آن در یگان‌های نظامی ارتش آمریکا مورد استفاده و پس از آن به تدریج مورد توجه و استفاده دیگر ارتش‌های کشورها قرار گرفته است. در سالیان اخیر نیز علم لجستیک و مفاهیم مربوط به آن در صنعت غیرنظامی به شدت مورد توجه قرار گرفته و اقتصاد و تجارت جهانی با این علم پیوند محکمی خورده است که امروزه بیشتر مفهوم آکادمیک "مدیریت زنجیره تأمین" یا SCM[2] و در بخش نظامی، مدیریت زنجیره تأمین نظامی یا MSCM[3] به کار برده می‌شود؛ بنابراین معرفی مفهوم زنجیره تأمین و گسترش سیستم‌های لجستیکی یک فرآیند تکاملی است که با گذشت زمان به رشد کنونی رسیده است (صراف و غفاری توران، ۱۳۹۰).

قدمت فعالیت‌های نظامی که امروزه به عنوان لجستیک و زنجیره تأمین شناخته می‌شود، احتمالاً به قدمت خود جنگ برمی‌گردد. در گذشته‌های خیلی دور، هنگامی که اولین جنگ بشر اتفاق افتاده است، هر فرد موظف بود که غذا، پناهگاه و تجهیزات دفاعی خود را فراهم کند، به عبارت دیگر هر جنگجو، آمادگر[4] خود بوده است. با گذشت زمان، جنگجویان تشکیل گروه داده و این گروه‌ها رشد پیدا کرده و اصولی را به وجود آوردند که افرادی خاص در گروه، مسئولیت تهیه آذوقه و اسلحه سربازان را بر عهده گرفته و اولین سازمان لجستیکی را به وجود آوردند. در این سازمان‌ها واحدهای لجستیک می‌بایست علاوه بر در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف لجستیکی، با درک متقابل ملاحظات نظامی مرتبط همچون تاکتیک‌ها، امکانات نظامی، اطلاعات نظامی، آموزش، استراتژی‌ها، نیروی انسانی و توان مالی اقدام می‌کردند.

در درگیری‌های نظامی بزرگ، مسائل لجستیکی غالباً عامل موفقیت و یا شکست در جنگ‌ها بوده است. به عنوان مثال در جنگ جهانی دوم، یکی از عوامل مهم و سرنوشت‌ساز، غرق کردن کشتی‌های باری بوده است. نیروی دریایی آلمان در مارس ۱۹۴۳ میلادی حدود ۱۰۸ کشتی بازرگانی متفقین را غرق کرد. دو ماه پس از آن با تدابیر ارتش آمریکا و انگلیس، تعداد زیادی از زیردریایی‌های آلمان نابود شدند. عدم موفقیت نیروی دریایی آلمان در غرق کردن تعداد کافی از کشتی‌های بازرگانی طی جنگ جهانی دوم، این شانس را به انگلیس داد تا همچنان در ادامه جنگ موفق باشد. همچنین قطع موفق تجارت دریایی ژاپن در اقیانوس آرام در زمان جنگ جهانی دوم، باعث شد اقتصاد ژاپن فلج شود و ضربه بزرگی به ظرفیت‌های تولید نظامی این

---

1. Logistics
2. Supply Chain Managemen
3. Military Supply Chain Management
4. Logistician

کشور وارد شود؛ بنابراین محافظت از خطوط تأمین کشور خود و حمله به خطوط تأمین کشور دشمن، یک استراتژی بنیادی در طول جنگ جهانی دوم به حساب می‌آمده است (تدین و احمدی، ۱۳۶۹). با توجه به اینکه در گذشته، لجستیک نظامی بسیاری از تکنیک‌ها را برای اولین بار به کار برده است، باعث گسترش و استفاده چشمگیر آن در دنیای کسب و کار و صنعت نیز شده است که به عنوان نمونه نقش مهمی در توسعه و رشد علم تحقیق در عملیات[1] به علت تلاش‌های اندیشمندان و صاحب‌نظران لجستیک نظامی در جنگ جهانی دوم بوده است. به طور کلی تمامی اقدامات صورت گرفته در حوزه لجستیک، نهایتاً امروزه منجر به پیدایش مدیریت زنجیره تأمین در بخش تجاری و نظامی گردید.

در دوره معاصر چهار مرحله اصلی سپری شد تا لجستیک به مدیریت زنجیره تأمین تبدیل شود. از سال‌های ۱۹۰۰ تا دهه ۱۹۶۰، لجستیک با مفهوم تدارکات داخلی سازمان در مدیریت مواد اولیه و توزیع آن استفاده می‌شده است. در دهه ۶۰ و ۷۰ تمرکز لجستیک بر کارکردهای اصلی و بهینه‌سازی هزینه و ارائه خدمات یکپارچه‌تر به مشتریان بوده است. در دهه ۱۹۸۰ تمرکز لجستیک بر یکپارچگی کارکردها در ارتباطات داخلی و شرکای خارجی و خلق عبارت مدیریت زنجیره تأمین بوده است. از ابتدای دهه ۱۹۹۰ تاکنون پیدایش عملی مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت زنجیره تأمین الکترونیکی و مدیریت زنجیره تأمین نظامی صورت گرفته است (استدلر[2] و کیلگر[3]، ۲۰۰۸).

مسئله‌ای که وجود دارد این است که در حوزه زنجیره تأمین نظامی، تولیداتی در سطح کشور ایران انجام می‌شود که نیاز به تأمین قطعات و تجهیزات و همچنین مواد اولیه دارد که می‌بایست از داخل و یا خارج از ایران تأمین شوند. برای تأمین داخلی، محدودیت‌هایی مانند ظرفیت تولید تأمین‌کننده، قیمت، کیفیت، زمان تحویل و خدمات پس از فروش وجود دارد و برای تأمین خارجی علاوه بر موارد ذکر شده، محدودیت‌های سیاسی و اقتصادی وجود دارد. از طرفی تأمین‌کنندگان در زمان‌های مختلف با محدودیت‌هایی مواجه می‌شوند که توان پاسخگویی آنها را کاهش و یا افزایش می‌دهد. از این رو لازم است مدل‌های مناسبی برای انتخاب تأمین‌کننده معرفی شود که بتوان برای کالاهای مختلف در زمان‌های مختلف استفاده کرد. با توجه به ضرورت و اهمیتی که در مورد انتخاب تأمین‌کننده در شرایط چند محصولی، با وجود محدودیت‌های مختلف بیان شد، هدف از این تحقیق، انتخاب تأمین‌کننده صنایع هفتم

---

1. Operation research
2. Stedler
3. Kilger

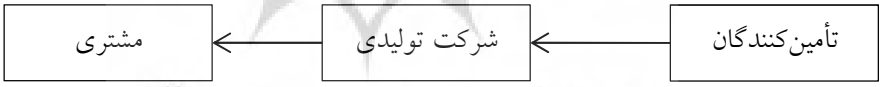
تیر اصفهان با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و الگوریتم ژنتیک می‌باشد. مورد مطالعه این تحقیق، صنایع هفتم تیر اصفهان می‌باشد که برای ساخت تجهیزات نظامی نیاز به انواع پلاگ‌ولو، گیج‌ولو و نیدل‌ولو دارد؛ به عبارت دیگر این تحقیق به دنبال پاسخگویی به این سؤال است که چگونه می‌توان به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، به انتخاب تأمین‌کننده در محیط‌های چندگانه (چند محصولی- چند تأمین‌کننده) پرداخت؟

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مدیریت زنجیره تأمین

زنجیره تأمین شامل تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله استخراج ماده خام تا تحویل محصول نهایی به مصرف‌کننده نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها می‌شود. جریان کالا شامل دو جریان دیگر می‌شود که یکی از آنها جریان اطلاعات و دیگری جریان منابع مالی و اعتبارات می‌باشد (سیفی شجاعی، ۱۳۹۵).

مدیریت زنجیره تأمین، شامل یکپارچه‌سازی فعالیت‌های زنجیره تأمین و همچنین جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها از طریق بهبود در روابط زنجیره در جهت دستیابی به مزیت رقابتی قابل اتکاء و مداوم می‌باشد. بنابراین، مدیریت زنجیره تأمین را می‌توان فرایند یکپارچه‌سازی فعالیت‌های زنجیره تأمین و همچنین جریانهای اطلاعاتی مرتبط با آن از طریق بهبود و هماهنگ‌سازی فعالیت‌ها در زنجیره تأمین تـولید و عرضه محصول برای بررسی یک سازمان خاص در نظر گرفت. زنجیره تأمین شامل تأمین‌کنندگان، شرکت تولیدی و در نهایت مشتری می‌باشد (گویندان[1] و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل (۱) زنجیره تأمین سه سطحی

تعاریف ارائه شده برای زنجیره تأمین، موضوعات سیستم‌های اطلاعاتی، منبع‌یابی و تدارکات، پردازش سفارشات، زمان‌بندی تولید، کانال‌های توزیع، مدیریت موجودی، انبارداری و خدمات پس از فروش و مدیریت ارتباط با مشتری را در بر می‌گیرد (گومز لوسیانو[2] و همکاران، ۲۰۱۸).

---

[1]. Govindan
[2]. Gómez-Luciano

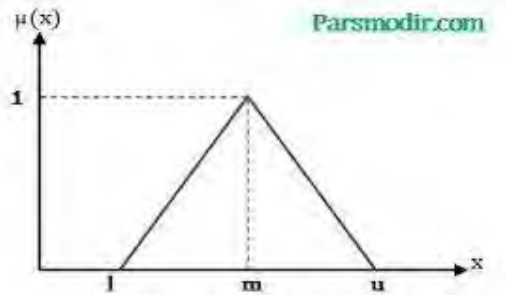
نظریه فازی

نظریه فازی به وسیله پرفسور زاده در سال ۱۹۶۵ در مقاله‌ای با عنوان «مجموعه‌های فازی» معرفی گردید (زاده، ۱۹۶۵). بسیاری از مفاهیم بنیادی نظریه بنیادی فازی به وسیله خود وی در اواخر دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ مطرح گردید. در سال ۱۹۷۳ او مقاله دیگری را تحت عنوان «طرح یک راه‌حل جدید برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده و فرایندهای تصمیم‌گیری» منتشر کرد. این مقاله اساس کنترل فازی را بنا کرد. او در این مقاله مفهوم متغیرهای زبانی و استفاده از قواعد اگر- آنگاه را برای فرموله کردن دانش بشری معرفی کرد (زاده، ۱۹۷۳).

از آن پس نظریه فازی با مخالفت‌های بسیاری مواجه شد تا در ۱۹۷۵ ممدانی و آسیلیان برای اولین بار یک کنترلر فازی را به یک موتور بخار اعمال کردند (ممدانی و همکاران، ۱۹۷۴). آن‌ها دریافتند که ساخت کنترلر فازی بسیار ساده بوده و عملکرد آن نیز بسیار خوب است. پس از آن ژاپنی‌ها کاربردهای موفقی از کنترل فازی را در دهه ی ۸۰ ارائه کردند که از آن جمله می‌توان کنترل سیستم تصفیه فوجی، سیستم کنترل قطار زیرزمینی سندایی و بسیاری از لوازم خانگی را نام برد (وانگ، ۱۹۹۷). می‌توان گفت که دهه ۸۰ دوره شکوفایی نظریه فازی می‌باشد. از آن پس محققین بسیاری به تحقیق و فعالیت در این زمینه پرداختند، تعداد مقالات موجود به طرز چشمگیری افزایش یافت و کاربردهای نظریه نه تنها در مهندسی بلکه در زمینه‌های غیر مهندسی مانند اقتصاد، پزشکی، مدیریت و ... ارائه شد. انجام محاسبات با اعداد فازی دارای مشکلات و پیچیدگی‌های زیادی است. برای حل این مشکل، دوبوا و پراد[1] نوعی خاص از اعداد فازی را پیشنهاد کرده‌اند که اعداد فازی LR[2] نامیده می‌شود. کاربرد این اعداد، باعث افزایش کارایی محاسباتی، بدون محدود کردن کلیت آن می‌شود. اعمال جبری با این نوع اعداد بسیار ساده بوده و دارای یک الگوی مشخص است. به عدد فازی که شکل تابع عضویت آن مثلثی باشد عدد فازی مثلثی گفته می‌شود. عدد فازی مثلثی را با سه‌تایی (l, m, u) ن ن می‌دهند که در آن m نماینده اعداد، l نقطه شروع و u نقطه پایان می‌باشد. شکل یک عدد فازی مثلثی، در نمودار ۳-۲ نشان داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1]. Dubois and Prade
[2]. Left & Right



نمودار (۱) عدد فازی مثلثی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی[1]

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2] (AHP)، اولین بار توسط توماس ال ساعتی[3] در دهه ۱۹۷۰ بر اساس تحلیل مغز انسان، برای حل مسائل پیچیده و کیفی ارائه شد. این روش هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چندین گزینه و شاخص تصمیم‌گیری کمی و کیفی روبروست، می‌تواند مفید باشد. روش AHP بر اساس مقایسات زوجی بنا نهاده شده است (آذر، فرجی، ۱۳۸۱). به کمک AHP می‌توان تصمیمات مناسب برای موضوعات پیچیده را با ساده‌سازی و هدایت مراحل تصمیم‌گیری اتخاذ کرد. در روش AHP به قضاوت‌های ذهنی با توجه به اهمیت نسبی هر متغیر مقادیر عددی اختصاص داده می‌شود و متغیرهایی که بیشترین اهمیت نسبی را دارند، مشخص می‌شوند؛ به عبارت دیگر ترتیب اولویت متغیرها تعیین می‌شود. به این ترتیب، به کمک AHP می‌توان مسائل پیچیده‌ای که دربرگیرنده عوامل متعددی هستند را درک نمود. در روش AHP اگر چه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات زوجی استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که AHP سنتی، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی و ذهنی را بطور کامل ندارد. از آنجا که استفاده از اعداد فازی سازگاری بیشتری با عبارات و متغیرهای زبانی دارد، بنابراین با بکارگیری اعداد فازی بهتر می‌توان به تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. دو پژوهشگر هلندی به نام‌های فان لارهوفن و پدریک در سال ۱۹۸۳ برای اولین بار روشی را برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه نمودند (عطائی، ۱۳۸۹). این روش با جایگزینی اعداد فازی مثلثی در ماتریس مقایسات زوجی و بر مبنای حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده است. در این مقاله از روش AHP فازی

---

[1]. Fuzzy Analytical Hierarchy Process
[2]. Analytical Hierarchy Process
[3]. Thomas L. Saaty

برای محاسبه وزن معیارها استفاده می‌شود. شرح مختصری از AHP در ادامه آورده شده است. اولین گام در استفاده از مدل AHP-فازی تعیین معیارها می‌باشند. فرض کنید m معیار وجود داشته باشد که بر اساس آن می‌بایست n محصول از s تأمین‌کننده خریداری شود. در مرحله اول از خبرگان خواسته می‌شود طی جلسه‌ای با مشورت همدیگر برای هر کدام از محصولات، یک جدول مقایسات زوجی تشکیل دهند. در این جدول، مقایسات زوجی هر m معیار با توجه به محصول $p_i \ \ i = 1,2, \dots, n)$ تکمیل می‌گردد. بعنوان نمونه، فرض کنید برای P_1 جدولی به صورت زیر تشکیل و تکمیل گردد (پدریج و همکاران، ۱۳۹۵):

$$\begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ . \\ m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & \dots & m \end{array} \\ \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mm} \end{bmatrix} \end{array}$$

که d_{ij} عدد فازی مثلثی حاصل از مقایسه زوجی معیار i ام (در سطر i) نسبت به معیار j ام (در ستون j) می‌باشد. دلیل استفاده از اعداد فازی، امکان مدل‌سازی بر اساس مفاهیم زبانی مانند نسبتاً، خیلی، کم، زیاد و ... به جای یک عدد ثابت و قطعی می‌باشد. نحوه نمایش و شکل کلی این اعدد فازی به صورت عدد فازی مثلثی می‌باشد:

$$d_{ij} = (d_{ij}\,\mathrm{l}, d_{ij}\,\mathrm{m}, d_{ij}\,\mathrm{u})$$

عدد فازی مذکور می‌تواند بصورت یکی از موارد زیر باشد:

عدد فازی $E = [1,1,1]$ نشان می‌دهد معیار i و j هم اهمیت هستند.

عدد فازی $W = [2,3,4]$ نشان می‌دهد معیار i بر معیار j برتری ضعیفی دارد. عدد فازی $F = [4,5,6]$ نشان می‌دهد معیار i بر معیار j نسبتاً برتری دارد.

عدد فازی $S = [6,7,8]$ نشان می‌دهد معیار i بر معیار j برتری زیادی دارد.

عدد فازی $A = [9,9,9]$ نشان می‌دهد معیار i بر معیار j برتری خیلی زیادی دارد.

عدد فازی$\frac{1}{E} = [1,1,1]$ نشان می‌دهد معیار j و i هم اهمیت هستند.

عدد فازی$\frac{1}{W} = [\frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}]$ نشان می‌دهد معیار j بر معیار i برتری ضعیفی دارد. عدد فازی $\frac{1}{F} = [\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}]$ نشان می‌دهد معیار j بر معیار i نسبتاً برتری دارد.

عدد فازی$\frac{1}{S} = [\frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}]$ نشان می‌دهد معیار j بر معیار i برتری زیادی دارد.

عدد فازی$[\frac{1}{9},\frac{1}{9},\frac{1}{9}]=\frac{1}{A}$ نشان می‌دهد معیار j بر معیار i برتری خیلی زیادی دارد.

پس از تکمیل n ماتریس مقایسه زوجی با توجه به m معیار برای هر n محصول توسط خبرگان، برای هر یک از معیارها (مثلاً معیار i ام) در ماتریس مقایسات زوجی مربوط به کالای p_j، میانگین هندسی سطر i ام که خود یک عدد فازی مثلثی می‌باشد به صورت زیر محاسبه می‌شود (پدریج و همکاران، ۱۳۹۵):

$$r_i=(r_il,r_im,r_iu)=((d_{i1}l.d_{i2}l.d_{i3}l.d_{i4}l)^{1/4},(d_{i1}m.d_{i2}m.d_{i3}m.d_{i4}m)^{1/4},(d_{i1}u.d_{i2}u.d_{i3}u.d_{i4}u)^{1/4})$$

در این صورت برای هر جدول مقایسات زوجی، چهار عدد فازی r_1، r_2، r_3 و r_m متناظر با m معیار به دست می‌آید. وزن نسبی هر کدام از معیارها که خود یک عدد فازی مثلثی می‌باشد با توجه به رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$w_i=(w_{i1}l,w_{i2}m,w_{i3}u)=(\frac{r_il}{\sum_{i=1}^{4}r_il},\frac{r_im}{\sum_{i=1}^{4}r_im},\frac{r_iu}{\sum_{i=1}^{4}r_iu})$$

بدین صورت برای هر ماتریس مقایسات زوجی، m وزن نسبی w_1، w_2، ... و w_m متناظر با m معیار محاسبه می‌شود. در نهایت وزن نسبی نرمال برای هر یک از معیارها با توجه به هر محصول از فرمول زیر محاسبه می‌شود (پدریج و همکاران، ۱۳۹۵):

$$M_i=\frac{w_il+w_im+w_iu}{3}$$

$$N_i=\frac{M_i}{\sum_{I=1}^{m}M_i}$$

آنچه تاکنون به دست آمده است وزن‌های نسبی نرمال، برای معیارها با توجه به هر محصول می‌باشد.

بنابراین منظور از$N_{jp_i}(j=1,2,\dots,m,i=1,2,\dots,n)$ وزن نسبی نرمال معیار jام با تو ام به محصول p_i می‌باشد.

الگوریتم ژنتیک[1]

الگوریتم ژنتیک، یکی از متداول‌ترین و کاربردی‌ترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی، بر پایه جستجو بر مبنای ساختار طبیعی و ژنتیک موجودات زنده می‌باشد. استفاده از الگوریتم ژنتیک برای نخستین بار توسط هولاند[2] و همکارانش در دانشگاه میشیگان در سال ۱۹۶۲ مطرح و در سال‌های بعد توسط گلدبرگ[3] (۱۹۸۳) در دانشگاه ایلی نویز توسعه یافت. اساس کار الگوریتم ژنتیک به گونه‌ایست که سعی می‌کند فرآیند تکامل تدریجی طبیعت را در حل مسئله

[1] Genetic Algorithm
[2] Holland
[3] Goldberg

شبیه‌سازی کند. با وجود این که ساختار الگوریتم ژنتیک تصادفی به نظر می‌رسد، اما ساختار آن قانونمند و هوشمندانه بوده و در علوم مختلف به عنوان یک روش جستجو و بهینه‌سازی کاربرد گسترده‌ای یافته است. الگوریتم ژنتیک در مقایسه با دیگر روشهای جستجو، مزایای ویژه‌ای دارد. اول اینکه الگوریتم ژنتیک به جای تکیه داشتن بر روی یک جواب خاص و بهینه‌سازی آن در تکرارهای بعدی، بر روی دسته‌ای از جواب‌ها به طور همزمان کار می‌کند و به تدریج به سمت نقطه بهینه همگرا می‌شود؛ بنابراین، احتمال اینکه جواب حاصل، به صورت تصادفی در مینیمم‌های موضعی قرار بگیرد، بسیار پایین است. دوم اینکه نحوه داده‌پردازی الگوریتم ژنتیک به نحوی است که تنها به داده‌های ورودی– خروجی فرآیند نیاز دارد و بنابراین هیچگونه محدودیتی از جمله پیوستگی، خطی بودن و یا مشتق‌پذیربودن برای تابع هدف اعمال نمی‌کند. با توجه به گستردگی کاربرد الگوریتم ژنتیک، این روش در حجم وسیعی از مسائل قابل استفاده است. الگوریتم زنتیک در ۶ مرحله، جواب بهینه را جستجو می‌کند:

مرحله ۱: کدینگ کروموزوم‌ها

مرحله ۲: تولید جمعیت اولیه

مرحله ۳: ارزیابی کروموزوم‌ها با معیار برازندگی

مرحله ۴: تولید نسل جدید با استفاده از عملگرهای اصلی ژنتیک

مرحله ۵: اعمال عملگر پوشش

مرحله ۶: بررسی شرط توقف

مدل ترکیبی FAHP و GA برای انتخاب تأمین‌کننده

m محصول مختلف را در نظر بگیرید و فرض کنید n شرکت توان تأمین این m محصول را دارند، بصورتی که هر کدام از این شرکت‌ها، این m محصول را تولید می‌کنند. در این مقاله، m (تعداد محصول) برابر ۳ و n (تعداد شرکت) نیز برابر ۳ در نظر گرفته شده است. شرکت‌ها با نمادهای A، B و C و محصولات با نمادهای P_1، P_2 و P_3 نشان داده می‌شوند. در این پژوهش لیست شرکت‌ها (سه شرکت فعال در زمینه انواع ولو) و محصولات آنها به صورت زیر می‌باشد.

شرکت A = آستیاک

شرکت B = گدازش

شرکت C = گداختار

لیست محصولات عبارتند از:

P_1: پلاگ ولو

P_2: گیج ولو

P_3: نیدل ولو

فرض کنید تصمیم به تأمین این سه نوع محصول از این سه شرکت داریم. محقق ساختن این تصمیم که هدف اصلی این مقاله می‌باشد عبارت است از مشخص‌سازی این مطلب که برای تهیه هر محصول، به کدام شرکت و به چه تعداد محصول سفارش داده شود. در این مقاله، برای ساختن مدل تصمیم‌گیری از فرآیند تلفیقی مدل AHP-فازی و برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط بهره برده می‌شود. اولین گام در استفاده از مدل AHP-فازی تعیین معیارها می‌باشند. برای انتخاب و گزینش محصولات این سه شرکت، با توجه به نظر مدیران و کارشناسان خرید شرکت صنایع هفتم تیر اصفهان، چهار معیار کیفیت محصول (C_1)، قیمت (C_2)، خدمات پس از فروش (C_3) و تحویل به موقع سفارش (C_4) انتخاب گردید. در گام بعد از کارشناسان خرید و خبرگان شرکت صنایع هفتم تیر اصفهان خواسته شد طی جلسه‌ای با مشورت همدیگر برای هر کدام از محصولات، یک جدول مقایسات زوجی تشکیل دهند. در این جدول، مقایسات زوجی هر چهار معیار با توجه به محصول $p_i \ (i = 1,2,3)$ تکمیل می‌گردد. پس از انجام محاسبات مربوط به AHP فازی، وزن‌های نسبی نرمال، برای معیارها با توجه به هر محصول محاسبه گردید. ؛ ابراین منظور از $jp_i (j = 1,2,3,4, i = 1,2,3)$ وزن نسبی نرمال معیار jام با تو ام به محصول p_i می‌باشد. حال پس از محاسبه این اوزان باید به محاسبه امتیاز هر کدام از شرکت‌ها، در هر محصول و در هر معیار پرداخت. برای این منظور برای هر شرکت، جدول زیر می‌بایست تکمیل گردد.

جدول (۱) جدول امتیازدهی شرکت‌ها در هر محصول و در هر معیار

	P_1	P_2	P_3
متوسط درصد کالای معیوب (defective product=def)			
قیمت (price)			
متوسط درصد تأخیر دریافت سفارش (delay)			
درصد خدمات پس از فروش (After sale performance=asp)			
حداکثر تعداد سفارشی که می‌تواند شرکت در هر بار خرید سفارش بدهد.			

در جدول (۱) برای سنجش کیفیت از متوسط درصد کالای معیوب استفاده شده است. برای امتیازدهی به هر شرکت مثلاً شرکت A در معیار کیفیت، به شرکتی که در آن معیار کمترین مقدار را دارد امتیاز صفر و به شرکتی که بیشترین مقدار را دارد، امتیاز ۱۰۰٪ یا یک داده می‌شود و برای امتیاز شرکت مورد نظر، مطابق فرمول‌های زیر اقدام می‌شود:

$$S_{AC_1P_i} = 1 - \frac{def_{AP_i} - min\{def_{AP_i}, def_{BP_i}, def_{CP_i}\}}{\max\{def_{AP_i}, def_{BP_i}, def_{CP_i}\} - \min\{def_{AP_i}, def_{BP_i}, def_{CP_i}\}}$$

که در آن $S_{AC_1P_i}$ امتیاز شرکت A در محصول p_i و در معیار C_1 (کیفیت) و def_{AP_i}، def_{BP_i} و def_{CP_i} به ترتیب درصد کالای معیوب شرکت‌های A، B و C در محصول p_i می‌باشد.

بنابراین برای امتیازدهی شرکت در معیار کیفیت، از متوسط درصد کالای معیوب آن شرکت استفاده شده است. کسر محاسبه شده در بالا، همان متوسط درصد کالای معیوب می‌باشد. دلیل اینکه کسر محاسبه شده در فرمول بالا از عدد یک کم می‌شود این است که شرکتی که درصد کالای معیوب کمتری داشته باشد، کیفیت محصول بالاتری دارد. برای شرکت‌های B و C نیز به همین طریق $S_{BC_1P_i}$ و $S_{CC_1P_i}$ که به ترتیب امتیاز شرکت B و شرکت C در محصول iام و در مع امر کیفیت می‌باشد محاسبه می‌شود.

برای محاسبه امتیاز شرکتی مانند A در معیار قیمت برای محصول i ام نیز از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$S_{AC_2P_i} = 1 - \frac{price_{AP_i} - min\{price_{AP_i}, price_{BP_i}, price_{CP_i}\}}{max\{price_{AP_i}, price_{BP_i}, price_{CP_i}\} - min\{price_{AP_i}, price_{BP_i}, price_{CP_i}\}}$$

که در آن $S_{AC_2P_i}$ امتیاز شرکت A در محصول iام و ام معیار C_2 (قیمت) و $price_{AP_i}$، $price_{BP_i}$ و $price_{CP_i}$ به ترتیب قیمت شرکت‌های A، B و C در محصول iام می‌باشد.

بنابراین برای امتیازدهی شرکت در معیار قیمت، از متوسط درصد قیمت محصول آن شرکت استفاده شده است. کسر محاسبه شده در بالا، همان متوسط قیمت می‌باشد. دلیل اینکه کسر محاسبه شده در فرمول بالا از عدد یک کم می‌شود این است که هر چه قیمت محصول شرکتی کمتر باشد امتیاز آن شرکت در معیار قیمت بالاتر است. برای شرکت‌های B و C نیز به همین طریق $S_{BC_2P_i}$ و $S_{CC_2P_i}$ که به ترتیب امتیاز شرکت B و شرکت C در محصول iام و در معیار قیمت می‌باشد محاسبه می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

برای محاسبه امتیاز شرکتی مانند A در معیار تحویل به موقع سفارش برای محصول iام، فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$S_{AC_3P_i} = 1 - \frac{delay_{AP_i} - min\{delay_{AP_i}, delay_{BP_i}, delay_{CP_i}\}}{max\{delay_{AP_i}, delay_{BP_i}, delay_{CP_i}\} - min\{delay_{AP_i}, delay_{BP_i}, delay_{CP_i}\}}$$

که در آن $S_{AC_3P_i}$ امتیاز شرکت A در محصول iام در معیار C_3 (تحویل به موقع) و $delay_{AP_i}$، $delay_{BP_i}$ و $delay_{CP_i}$ به ترتیب امتیاز شرکت‌های A، B و C در محصول iام در معیار تحویل به موقع کالا می‌باشد. بنابراین برای امتیازدهی شرکت در معیار تحویل به موقع سفارش، از متوسط درصد تأخیر تحویل کالا استفاده شده است. کسر محاسبه شده در بالا، همان متوسط تأخیر تحویل کالا می‌باشد. دلیل اینکه کسر محاسبه شده در فرمول بالا از عدد یک کم می‌شود این است که هر چه مقدار درصد تأخیر تحویل کالا کمتر باشد امتیاز آن شرکت در معیار تحویل به موقع کالا بالاتر است. برای شرکت‌های B و C نیز به همین طریق $S_{BC_3P_i}$ و $S_{CC_3P_i}$ که به ترتیب امتیاز شرکت B و شرکت C در محصول i ام و در معیار تحویل به موقع می‌باشد محاسبه می‌شود. برای محاسبه امتیاز شرکتی مانند A در معیار خدمات پس از فروش محصول iام، از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$S_{AC_4P_i} = \frac{asp_{AP_i} - min\{asp_{AP_i}, asp_{BP_i}, asp_{CP_i}\}}{max\{asp_{AP_i}, asp_{BP_i}, asp_{CP_i}\} - min\{asp_{AP_i}, asp_{BP_i}, asp_{CP_i}\}}$$

که در آن $S_{AC_4P_i}$ امتیاز شرکت A در محصول iام در معیار خدمات پس از فروش می‌باشد. asp_{AP_i}، asp_{BP_i} و asp_{CP_i} به ترتیب امتیاز شرکت‌های A، B و C در محصول iام در معیار خدمات پس از فروش می‌باشد. برای شرکت‌های B و C نیز به همین طریق $S_{BC_4P_i}$ و $S_{CC_4P_i}$ که به ترتیب امتیاز شرکت B و شرکت C در محصول i ام و در معیار خدمات پس از فروش می‌باشد محاسبه می‌شود.

تا کنون اوزان نسبی معیارها و امتیاز هر شرکت در هر محصول و در هر معیار محاسبه شده است. با توجه به میزان تقاضا برای هر محصول، حداکثر توان تأمین‌کنندگان در برآوردن سفارش، بردار حداکثر درصد تأخیر قابل‌قبول برای هر کالا و بردار حداکثر درصدهای قابل قبول برای نرخ معیوب بودن کالا می‌توان مسئله برنامه‌ریزی خطی مختلط زیر را حل و مشخص نمود که هر محصول را از کدام تأمین‌کننده و به چه میزان سفارش داد.

$$Max\ TSS = \sum_{c=1}^{4}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}(N_{cj} * S_{ijc} * X_{ij})$$

St:

$$\sum_{i=1}^{3} X_{ij} = D_j\ , j = 1,2,3$$

$$X_{ij} \le C_{ij}\ i = 1,2,3, j = 1,2,3$$

$$\sum_{i=1}^{3}(delay_{ij} * X_{ij}) \le T_j * D_j\ , j = 1,2,3$$

$$\sum_{i=1}^{3}(def_{ij} * X_{ij}) \le Q_j * D_j, j = 1,2,3$$

$$\sum_{j=1}^{3} X_{ij} \le M * Y_i, i = 1,2,3$$

$$\sum_{i=1}^{3} Y_i \le NS$$

X_{ij} عدد صحیح و مثبتو $Y_i \in \{0,1\}$

در این مدل:

TSS تابع هدف مسأله می‌باشد که امتیاز کلی تأمین‌کنندگان را حداکثر می‌کند. این تابع از مجموع حاصل‌ضرب سه جمله حاصل می‌شود. وزن هر معیار در هر محصول، امتیاز هر شرکت در هر محصول و تعداد کالای سفارش داده شده.

N_{cj}: وزن نسبی نرمال معیار c ام برای کالای نوع jام.

S_{ijc}: امتیاز شرکت i با توجه به معیار c ام در کالای نوع jام.

X_{ij}:تعد تعدادلای نوع j که به شرکت i ام سفارش داده می‌شود.

D_j: تعداد تقاضای کالای jام.

C_{ij}: حداکثر تعداد کالای jام که شرکت i می‌تواند در هر بار سفارش تأمین کند.

$delay_{ij}$: درصد تأخیر سفارش شرکت iام در کالای jام.

T_j: حداکثر درصد قابل قبول برای تأخیر تحویل کالای jام.

def_{ij}: درصد کالای معیوب شرکت i در کالای نوع jام.

Q_j: حداکثر درصد قابل قبول برای درصد کالای معیوب نوع jام.

M: یک عدد صحیح خیلی بزرگ متناسب با ابعاد مسأله.

NS: حداکثر تعداد شرکت‌هایی که قصد سفارش کالا به آنها را داریم.

Y_i:یک متغیر باینری می‌باشد که مقدارهای صفر و یک می‌گیرد. مقدار یک یعنی شرکت i برای انجام سفارش انتخاب شده است و مقدار صفر یعنی شرکت i برای انجام سفارش انتخاب نشده است.

توضیحاتی در مورد قیود مسأله برنامه‌ریزی خطی صحیح:

قید اول بیان می‌کند مجموع سفارشات دریافتی کالای نوع jام از همه تأمین‌کننده‌ها، برابر با تقاضای سفارش دهنده برای کالای نوع j ام می‌باشد.

قید دوم بیان می‌کند بیشتر از ظرفیت تولید شرکت تأمین‌کننده، سفارش ارسال نشود.

قید سوم بیان می‌کند تعداد کالاهایی که با تأخیر دریافت شده‌اند از یک مقدار معین بیشتر نشوند.

قید چهارم بیان می‌کند تعداد کالاهای معیوب از یک مقدار معین بیشتر نشوند.

در قید پنجم اگر در جواب بهینه مقدار متغیر باینری iام برابر صفر شود یعنی شرکت iام انتخاب نشده است؛ زیرا در این صورت مجموع سفارشات دریافتی از شرکت iام برابر صفر شده و جمع تعدادی عدد مثبت، زمانی صفر می‌شود که تک‌تک آنها صفر شود و این در حالی است که اگر از شرکت i دریافت سفارش داشته باشیم حتماً متغیر باینری آن برابر یک می‌شود.

قید ششم بیان می‌کند تعداد شرکت‌های انتخاب شده برای انجام سفارش از یک حد خاص بیشتر نشود. شرط پایانی بیان می‌کند تعداد سفارشات می‌بایست یک عدد صحیح مثبت و متغیر Y_i باینری باشد. برای حل چنین مسئله‌ای که هم متغیر صحیح و هم متغیر باینری دارد و از طرفی حل مسأله با بزرگتر شدن ابعاد آن به زمان بسیار بالایی نیاز دارد، از این رو برای بهینه‌سازی مدل، از الگوریتم ژنتیک در نرم افزار متلب استفاده شده است.

پیشینه تحقیق

عزیزی و همکاران (۱۳۹۵) به ارائه یک رویکرد جدید تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا برای انتخاب تأمین‌کننده با وجود داده‌های نادقیق و خروجی‌های نامطلوب در ۱۶ نیروگاه برق پرداختند. در این پژوهش با توجه به مرز کارایی و مرز ناکارایی، به ترتیب کارایی خوش‌بینانه و بدبینانه محاسبه می‌شود. همچنین مدلی مناسب برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان در حضور خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقیق معرفی شده است. نتایج نشان داد در مقایسه با تحلیل پوششی داده‌های با داده‌های دقیق، رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با دو مرز کارا و ناکارا، بهترین تأمین‌کننده را به درستی و به آسانی معرفی می‌کند.

یحیی‌زاده اندواری و همکاران (۱۳۹۵)، به تحقیقی با عنوان رویکرد بهینه‌سازی استوار در انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش پرداختند. این پژوهش به دنبال انتخاب تأمین‌کننده و تعیین مقدار سفارش محصولات با در نظرگرفتن تمامی محدودیت‌ها، برای دستیابی به بیشینه‌کردن مطلوبیت خرید و کمینه کردن هزینه‌ها در شرایط عدم قطعیت می‌باشد. برای این منظور ابتدا مدل قطعی چندهدفه‌ای معرفی و با استفاده از روش استوار مبتنی بر سناریو به مدل استوار تبدیل و سپس این مدل با استفاده از روش LP متریک، حل شده است. این مدل، میزان سفارش بهینه هر محصول، در هر دوره، از هر تأمین‌کننده را مشخص می‌کند. همچنین از AHP برای تعیین وزن هر یک از تأمین‌کنندگان استفاده شده است.

روحبخش معیاری دوم و همکاران (۱۳۹۴)، به ارزیابی و رتبه‌بندی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده خدمات لجستیک با رویکرد QFD و AHP فازی پرداختند. در این تحقیق برای تبدیل نظرات کیفی و زبانی به متغیرهای قطعی از تکنیک FAHP استفاده شده است. سپس، با استفاده از ادبیات تحقیق و مشاوره با خبرگان، معیارها و زیرمعیارهای کلی اثرگذار شناسایی شدند. پس از آن، با نظرخواهی از تیم تصمیم، به شناسایی نیازهای آن‌ها از یک تأمین‌کننده خدمات لجستیک پرداخته شد. در نهایت، از مفهوم خانه کیفیت برای شناسایی نیازهای مشتری و تبدیل به معیار ارزیابی تأمین‌کننده استفاده شده است.

تقوی فرد و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی توسعه مدل تعیین میزان بهینه سفارش با انتخاب تأمین‌کننده مناسب و حل با استفاده روش الگوریتم ژنتیکNSGA-II، در شرکت مروارید پنبه ریز بوشهر پرداختند. این پژوهش به دنبال طراحی مدلی چندهدفه، با اهداف حداکثر نمودن سطح کیفیت مواد خریداری شده از تأمین‌کنندگان و همچنین حداقل کردن هزینه‌های موجود در زنجیره، مانند هزینه حمل و نقل، خرید و نگهداری می‌باشد. این مدل چندهدفه با دو روش الگوریتم ژنتیک چندهدفه مرتب‌سازی نامغلوب (NSGA-II) و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چندهدفه (MOPSO) حل و نتایج با یکدیگر مقایسه شد.

آذر و همکاران (۱۳۹۳)، به طراحی مدل احتمالی و استوار یکپارچه سه مرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده با رویکرد عدم قطعیت پرداختند. در مرحله اول به شناسایی فاکتورهای کلیدی در انتخاب تأمین‌کننده پرداختند. در مرحله دوم با تحلیل سلسله مراتبی فازی، تأمین‌کنندگانی که حداقل نمره قابل قبول کسب کردند، وارد مدل استوار و احتمالی دومرحله‌ای چند دوره‌ای چند محصولی برای تخصیص کوتاه‌مدت تقاضای دارای عدم قطعیت به محصولات شدند. نتایج نشان داد که مدل معرفی شده از قدرت بالایی برخوردار بوده و منجر به تطابق با تقاضای دارای عدم قطعیت می‌شود.

سپهوند (۱۳۹۳)، به تحقیقی با عنوان استفاده از رویکرد QFD-AHP در انتخاب تأمین‌کننده در شرکت زمزم پرداخت. در این مقاله با استفاده از روش AHP به اولویت‌بندی ویژگی‌های مشتری پرداخته شد و با استفاده از دو سری از خانه‌های کیفیت در مدل QFD، روشی جدید برای انتخاب تأمین‌کننده معرفی شد.

علیخانی و همکاران (۱۳۹۳)، به تحقیقی با عنوان مدل یکپارچه چندهدفه رضایت‌بخش فازی برای انتخاب تأمین‌کننده با اقلام چندگانه و تخصیص بهینه سفارش پرداختند. در این مقاله، به کمک روش‌های برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی رویکردی یکپارچه و برنامه‌ریزی آرمانی فازی، الگویی برای بهینه‌سازی رضایت‌بخش معرفی شده است. از این روش‌ها در حل مساله انتخاب تأمین‌کننده با اقلام چندگانه و تخصیص بهینه سفارش استفاده شده است.

شفیعا و همکاران (۱۳۹۲)، به تحقیقی با عنوان ارائه مدل DEA دو سطحی در مدیریت ریسک زنجیره تأمین به منظور انتخاب تأمین‌کننده پرداختند. در گام اول برجسته‌ترین معیارهای ریسک موجود در زنجیره تأمین، شناسایی و با استفاده از تحلیل عاملی گروه‌بندی شدند. در گام دوم این معیارها با استفاده از AHP وزن‌دهی شدند. سپس با استفاده از DEA دو سطحی به ارزیابی ۱۲ تأمین‌کننده پرداخته شد.

کدخدازاده و همکاران (۱۳۹۲) به تحقیقی با عنوان انتخاب تأمین‌کننده شرکت تولیدی با استفاده از سیستم استنتاج فازی پرداختند. در این مقاله، معیارهای هزینه، کیفیت، سرویس، نوع روابط و ساختار سازمان تأمین در نظر گرفته شد. تأمین‌کننده‌ها بر اساس معیارهای ذکر شده با سیستم استنتاج فازی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

صراف جوشقانی و همکاران (۱۳۹۰)، به تحقیقی با عنوان الگوها و تحولات درمدیریت زنجیره تأمین نظامی پرداختند. دراین مقاله براساس مبانی علمی مطرح در پیدایش مدیریت زنجیره تأمین نظامی و تفاوت آن با مدیریت زنجیره تأمین تجاری به معرفی مفاهیم جدید و ارتباط لجستیک پیش‌نگر با مدیریت زنجیره تأمین نظامی در سازمان‌های نظامی آینده پرداخته شده است. همچنین جهت شناسایی و الگوبرداری از پیاده‌سازی عملی مدل مدیریت زنجیره تأمین نظامی درسطح جهان، به بررسی و تحیل وضعیت ممتازان و مدعیان آن یعنی وزارت دفاع آمریکا و وزارت دفاع انگلستان در پیاده‌سازی این قبیل مدل‌ها پرداخته شده است.

رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، به ارائه مدل ترکیبی برای انتخاب تأمین‌کننده و حل آن توسط الگوریتم ژنتیک پرداختند. در این مقاله، مدلی برای بررسی توأم دو مساله انتخاب تأمین‌کننده و تعیین حجم تخصیصی به تأمین‌کنندگان انتخاب شده معرفی شده است. مدل پیشنهادی دارای ساختاری سه مرحله‌ای می‌باشد که علاوه بر در نظرگیری توأم معیار کمی و کیفی، اندازه

انباشته را با توجه به هزینه‌های خرید، انبارداری و سفارش‌دهی تعیین می‌نماید. در نهایت مسأله به حل یک مدل تصمیم‌گیری چندهدفه ختم می‌شود که با استفاده از الگوریتم ژنتیک به حل آن پرداخته می‌شود.

چانگ و لین[1] (۲۰۱۰)، به فرصت‌ها و چالش‌های جدید در سیستم‌های پیش‌بینی زنجیره تأمین استوار و انعطاف‌پذیر پرداخته‌اند. ایشان همچنین به پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش محاسباتی شامل تکنیک‌هایی چون شبکه‌های عصبی، تئوری فازی و الگوریتمهای تکاملی اشاره می‌کنند و این‌ها را روش‌هایی برای پیش‌بینی تقاضای قابل‌اتکا می‌دانند.

پان[2] و ناجی[3] (۲۰۱۰)، مسأله طراحی زنجیره تأمین برای یک فرصت جدید در بازار با تقاضای نامطمئن در محیط تولیدی چابک را مد نظر قرار داده‌اند. آنها بهینه‌سازی یکپارچه‌ای از هزینه‌های تولید و لجستیک مربوط به اعضای زنجیره تأمین را مدنظر قرار داده‌اند. دودسته متغیرهای تصمیم در این تحقیق در نظر گرفته شده، متغیرهای صفر و یک؛ برای انتخاب شرکت‌ها در ساختن زنجیره تأمین و متغیرهای پیوسته؛ به منظور برنامه‌ریزی تولید مورد استفاده قرار گرفته است.

لئونگ[4] و همکاران (۲۰۰۷) به بهینه‌سازی استوار در حوزه برنامه‌ریزی تولید در زنجیره تأمین یک شرکت چندملیتی در هنگ‌کنگ پرداخته‌اند و یک مدل بهینه‌سازی استوار برای حل مسأله برنامه‌ریزی تولید چند مکانی با داده‌های نامطمئن توسعه دادند که تابع هدف، حداقل کردن هزینه کل شامل هزینه تولید، هزینه نیروی کار، هزینه موجودی و هزینه‌های مربوط به تغییر نیروی کار می‌باشد.

رینر[5] و ترکا[6] (۲۰۰۴) یک مدل بهبود و اصلاح که بر ارتقاء زنجیره تأمین مورد مطالعه تأثیر دارد را ارائه نموده‌اند. آنها نشان می‌دهند که محیط زنجیره تأمین استوار ایده‌آل بستگی به وضعیت تقاضا دارد، آنها بر این اعتقاد هستند که اگر چه کاهش عدم اطمینان با کمک به اشتراک گذاشتن اطلاعات، کاهش زمان تأمین و موارد دیگر امکانپذیر است اما با وجود این موارد، اجتناب از عدم اطمینان ممکن نیست و در این خصوص برنامه‌ریزی استوار به منظور مدیریت عدم اطمینان در زنجیره تأمین ضروری است.

---

1. Chang,Lin
2. Pan
3. Nagi
4. Leung
5. Reiner
6. Tracka

روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق توصیفی پیمایشی با ماهیت کاربردی و از لحاظ زمانی مقطعی می‌باشد. در این تحقیق روش پیمایشی جهت گردآوری داده‌ها استفاده خواهد شد، لذا آن را می‌توان در زمره تحقیق‌های میدانی قرار داد. جامعه آماری این تحقیق، ۱۵ نفر از کارشناسان و خبرگان صنایع هفتم تیر اصفهان می‌باشد. ابزار گردآوری داده‌ها، ماتریس مقایسات زوجی و جدول‌های امتیاز شرکت‌ها می‌باشد. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق از مطالعات کتابخانه‌ای و برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ماتریس مقایسات زوجی از روش میدانی استفاده شده است. داده‌های این تحقیق مربوط به یک دوره یک ماهه در شرکت صنایع هفتم تیر اصفهان می‌باشد.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

داده‌ها

به توجه به لیست شرکت‌ها، محصولات و معیارهای تصمیم‌گیری که در جدول (۲) آمده است

جدول (۲) نام شرکت‌ها، محصولات و معیارها

نام شرکت	نام محصولات	معیارها
شرکت A: آستیاک شرکت B: گدازش شرکت C: گداختار	P_1: پلاگ ولو P_2: گیج ولو P_3: نیدل ولو	معیار ۱: کیفیت محصول معیار ۲: قیمت معیار ۳: خدمات پس از فروش معیار ۴: تحویل به موقع سفارش

همچنین بردار حداکثر درصدهای تأخیر قابل قبول برای تحویل کالاها ($T = [0.05, 0.05, 0.05]$) و بردار حداکثر درصدهای قابل قبول برای نرخ معیوب بودن کالاها ($Q = [0.1, 0.1, 0.05]$) می‌باشد.

مراحل گفته شده در قسمت قبل برای انتخاب تأمین‌کننده طی می‌شود:

ابتدا جدول مقایسات زوجی ۳، ۴ و ۵ برای معیارها و به تفکیک محصولات توسط خبرگان تکمیل می‌گردد.

پرتال جامع علوم انسانی

جدول (۳) مقایسه زوجی معیارها برای اولین محصول

پلاگ ولو	کیفیت	قیمت	خدمات پس از فروش	تحویل به موقع
کیفیت	E	E	S	A
قیمت	E	E	A	F
خدمات پس از فروش	$\frac{1}{S}$	$\frac{1}{A}$	E	W
تحویل به موقع	$\frac{1}{A}$	$\frac{1}{F}$	W	E

جدول (۴) مقایسه زوجی معیارها برای دومین محصول

گیج ولو	کیفیت	قیمت	خدمات پس از فروش	تحویل به موقع
کیفیت	E	S	F	S
قیمت	$\frac{1}{S}$	E	S	F
خدمات پس از فروش	$\frac{1}{F}$	$\frac{1}{S}$	E	W
تحویل به موقع	$\frac{1}{S}$	$\frac{1}{F}$	$\frac{1}{W}$	E

جدول (۵) مقایسه زوجی معیارها برای سومین محصول

نیدل ولو	کیفیت	قیمت	خدمات پس از فروش	تحویل به موقع
کیفیت	E	E	F	F
قیمت	E	E	S	E
خدمات پس از فروش	$\frac{1}{F}$	$\frac{1}{S}$	E	W
تحویل به موقع	$\frac{1}{F}$	$\frac{1}{E}$	$\frac{1}{W}$	E

نتایج

با توجه به ماتریس مقایسات زوجی، ماتریس اوزان نسبی نرمال شده برای هر محصول با توجه به هر معیار به صورت زیر محاسبه شد. سطرها همان معیارها و ستون‌ها همان محصولات می‌باشند. در مجموع ۱۲ وزن به دست آمده است که برای هر محصول، معیارها بصورت جداگانه وزن‌دهی شده‌اند.

$$N = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} P1 & P2 & P3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.454811 & 0.62244 & 0.453127 \\ 0.417391 & 0.23607 & 0.331624 \\ 0.085723 & 0.09756 & 0.11012 \\ 0.042076 & 0.04393 & 0.105129 \end{bmatrix} \end{array}$$

برای محاسبه امتیاز شرکت‌ها در هر معیار و هر محصول، جدول‌های زیر توسط کارشناسان خرید و خبرگان شرکت صنایع هفتم تیر اصفهان تکمیل گردید.

جدول (۶) عملکرد شرکت آستیاک

آستیاک	پلاگ ولو	گیج ولو	نیدل ولو
درصد کالای معیوب	٪۱۰	٪۱۲	٪۵
قیمت واحد	۴۰۰۰۰۰۰	۴۵۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰
درصد تاخیر در تحویل کالا	٪۵	٪۷	٪۳
امتیاز خدمات پس از فروش	٪۸۵	٪۹۰	٪۹۵
حداکثر تعداد سفارشی که شرکت آستیاک می‌تواند تأمین کند	۳۰۰	۱۰۰	۵۰۰

جدول (۷) عملکرد شرکت گدازش

گدازش	پلاگ ولو	گیج ولو	نیدل ولو
درصد کالای معیوب	٪۱۵	٪۵	٪۵
قیمت واحد	۳۷۰۰۰۰۰	۴۸۰۰۰۰۰	۲۲۰۰۰۰۰
درصد تأخیر در تحویل کالا	٪۲	٪۵	٪۲
امتیاز خدمات پس از فروش	٪۸۵	٪۹۰	٪۹۰
حداکثر تعداد سفارشی که شرکت گدازش می‌تواند تأمین کند	۵۰۰	۲۰۰	۵۰۰

جدول (۸) عملکرد شرکت گداختار

گداختار	پلاگ ولو	گیج ولو	نیدل ولو
درصد کالای معیوب	٪۲۰	٪۱۰	٪۵
قیمت واحد	۴۲۰۰۰۰۰	۴۸۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰
درصد تأخیر در تحویل کالا	٪۵	٪۷	٪۵
امتیاز خدمات پس فروش	٪۸۵	٪۹۰	٪۹۰
حداکثر تعداد سفارشی که شرکت گداختار می‌تواند تأمین کند	۵۵۰	۱۵۰	۲۰۰

با توجه به جداول ۶، ۷ و ۸ و فرمول‌های مربوط به امتیازات، امتیاز شرکت‌ها در معیارها و محصولات محاسبه شد. S_A، S_B S_Cو به ترتیب امتیاز شرکت‌های A، B و C را با توجه به سه محصول و چهار معیار را نشان می‌دهد. سطر ماتریس اشاره به محصول و ستون‌ها اشاره به معیار دارد.

$$S_A = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} S_{A1} & S_{A2} & S_{A3} & S_{A4} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.4000 & 0.8500 & 0 \\ 0 & 1.0000 & 0.9000 & 1.0000 \\ 0 & 1.0000 & 0.9500 & 1.0000 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$S_B = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} S_{B1} & S_{B2} & S_{B3} & S_{B4} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.8500 & 0 \\ 0.2857 & 0 & 0.9000 & 1.0000 \\ 1.0000 & 0 & 0.9000 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$S_C = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} S_{C1} & S_{C2} & S_{C3} & S_{C4} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.8500 & 0 \\ 0.2857 & 0 & 0.9000 & 1.0000 \\ 1.0000 & 0 & 0.9000 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

در نهایت با توجه به وزن معیارها برای هر محصول، امتیاز شرکت‌ها در هر محصول و هر معیار، میزان تقاضا در هر محصول، حداکثر توان تأمین‌کنندگان در برآوردن سفارش، بردار حداکثر درصد تأخیر قابل قبول برای هر کالا و بردار حداکثر درصدهای قابل قبول برای نرخ معیوب بودن کالا می‌توان مسئله برنامه‌ریزی خطی مختلط زیر را حل و مشخص نمود که هر محصول را از کدام تأمین‌کننده و به چه میزان سفارش داد.

$$Max\ TSS = 0.6946X_{11} + 0.7597X_{21} + 0.0729X_{31} + 0.2262X_{12} + 0.9463X_{22} + 0.3096X_{32} + 0.3424X_{13} + 0.4362X_{23} + 0.5522X_{33}$$

St:

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} = 100$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} = 50$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} = 200$$

$$X_{11} \leq 300, X_{21} \leq 500, X_{31} \leq 550$$

$$X_{12} \leq 100, X_{22} \leq 200, X_{32} \leq 150$$

$$X_{13} \leq 500, X_{23} \leq 500, X_{33} \leq 200$$

$$0.05X_{11} + 0.02X_{21} + 0.05X_{31} \leq 5$$

$$0.07X_{12} + 0.4X_{22} + 0.05X_{32} \leq 2.5$$

$$0.03X_{13} + 0.05X_{23} + 0.05X_{33} \leq 10$$

$$0.1X_{11} + 0.15X_{21} + 0.2X_{31} \leq 10$$

$$0.12X_{12} + 0.05X_{22} + 0.2X_{32} \leq 5$$

$$0.05X_{13} + 0.05X_{23} + 0.2X_{33} \leq 10$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} \leq MY_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} \leq MY_2$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} \leq MY_3$$

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 \leq 3$$

$Y_i \in \{0, 1\}$ و X_{ij} عدد صحیح و مثبت

به کمک الگوریتم ژنتیک با مشخصات گفته شده در جدول (۹) مسئله برنامه‌ریزی خطی حل می‌شود.

جدول (۹) تنظیمات الگوریتم ژنتیک

اندازه جمعیت	۱۰۰
تعداد تکرار	۱۰۰
عملگر تقاطع	تقاطع دو نقطه ای
عملگر جهش	جابجایی
مکانیزم انتخاب	انتخاب برتر
احتمال تقاطع	۰,۹۵
احتمال جهش	۰,۹۵

نتایج حل مسئله برنامه‌ریزی مختلط با الگوریتم ژنتیک، منجر به جواب بهینه و مقدار بهینه زیر می‌شود.

$$x^* = \begin{array}{c} \\ p1 \\ p2 \\ p3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} A & B & C \end{array} \\ \begin{bmatrix} 89 & 10 & 1 \\ 50 & 0 & 0 \\ 30 & 166 & 4 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$f^* = 156.88$$

که در آن سطر (i,j) ماتریس جواب بهینه، نشان دهنده تعداد محصول نوع p_i می‌باشد که باید از تأمین‌کننده j ام تأمین شود؛ یعنی از تقاضای ۱۰۰ عددی پلاگ ولو، ۸۹ عدد از شرکت آستیاک، ۱۰ عدد از شرکت گدازش و ۱ عدد از شرکت گداختار تأمین گردد. از تقاضای ۵۰ عددی گیج ولو، تنها ۵۰ عدد از شرکت آستیاک تأمین گردد. همچنین از تقاضای ۲۰۰ عددی نیدل ولو، ۳۰ عدد از شرکت آستیاک، ۱۶۶ عدد از شرکت گدازش و ۴ عدد از شرکت گداختار تأمین گردد. مقدار بهینه برابر ۱۵۶٫۸۸ به دست آمده است و این حداکثر امتیازی است که تأمین‌کنندگان برای تأمین این سه کالا کسب می‌کنند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

رقابت تنگاتنگ در بین شرکت‌ها باعث شده است که شرکت‌ها محصولات خود را سریع‌تر، ارزان‌تر و باکیفیت بهتر از رقیبان به مشتریان ارائه دهند. از طرفی چنین قابلیتی برای شرکت‌ها به تنهایی و بدون داشتن تأمین‌کنندگان توانا ممکن نیست. از سوی دیگر اهمیت بالای تصمیم‌های مربوط به انتخاب تأمین‌کننده، شرکت‌ها را مجبور به بازنگری در استراتژی‌های خرید و ارزیابی تأمین‌کننده‌ها می‌کند و به همین دلیل انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین اهمیت قابل توجهی پیدا کرده است. به طوری کلی دو دسته روش برای انتخاب تأمین‌کننده وجود دارد. دسته اول روش‌هایی است که هیچ محدودیتی برای انتخاب تأمین‌کننده وجود ندارد، به عبارتی هر تأمین‌کننده به تنهایی این توانایی را دارد که نیازهای خریدار از جمله میزان تقاضا، خدمات پس از فروش، زمان تحویل، کیفیت و غیره را برآورده سازد. دسته دوم روش‌هایی است که برای انتخاب تأمین‌کننده محدودیت‌هایی همچون محدودیت در ظرفیت تأمین‌کننده، زمان تحویل، خدمات پس از فروش و کیفیت محصول تأمین‌کننده وجود دارد؛ به عبارتی یک تأمین‌کننده به تنهایی قادر به تأمین تقاضای خریدار

نمی‌باشد و خریدار به اجبار می‌بایست تقاضای خود را توسط چند تأمین‌کننده مختلف، به منظور جبران کمبود ظرفیت، تأخیر در زمان تحویل، خدمات پس از فروش یا کیفیت تأمین‌کننده اول، برآورده سازد. در خصوص دسته اول، یک تأمین‌کننده می‌تواند تمام تقاضای خریدار را تأمین کند. از این رو در این حالت تنها لازم است که مدیریت تصمیم بگیرد و بهترین تأمین‌کننده را انتخاب کند. در حالی که در دسته دوم، هیچ تأمین‌کننده‌ای به تنهایی قادر نیست که تمامی تقاضای خریدار را تأمین کند. در این حالت بیشتر از یک تأمین‌کننده می‌بایست انتخاب شود.

در این مقاله برای انتخاب تأمین‌کننده ۱۰۰ قطعه پلاگ ولو، ۵۰ قطعه گیج ولو و ۲۰۰ قطعه نیدل ولو، از بین سه شرکت آستیاک، گدازش و گداختار از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتب فازی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. انتخاب تأمین‌کننده در این مقاله از نوع دسته دوم می‌باشد که محدودیت‌هایی همچون زمان تحویل، کیفیت محصول، قیمت، خدمات پس از فروش و همچنین حداکثر توان تأمین در هر سه محصول برای هر سه شرکت در نظر گرفته شده است. با استفاده از AHP فازی، وزن معیارها برای هر محصول به طور جداگانه محاسبه شد که در مجموع ۱۲ وزن به دست آمده است. در مرحله بعد به محاسبه امتیاز هر شرکت، در هر محصول و در هر معیار پرداخته و نتایج آن در ماتریس‌های S_A، S_B و S_C آورده شده است. با توجه به وزن معیارها، امتیازهای هر شرکت در هر محصول و در هر معیار، میزان تقاضای محصولات، حداکثر توان تأمین‌کنندگان در برآوردن سفارش، بردار حداکثر درصد تأخیر قابل قبول برای هر کالا و بردار حداکثر درصدهای قابل قبول برای نرخ معیوب بودن کالا، مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط حل گردید و نتایج ارزیابی تأمین‌کننده ارائه شد.

مزیتی که این مقاله نسبت به دیگر تحقیقات انجام شده در این حوزه دارد این است که انتخاب تأمین‌کننده در شرایطی که چند کالا و چند تأمین‌کننده وجود دارد و می‌بایست با توجه به تعدادی محدودیت از جمله ظرفیت تأمین‌کننده و همچنین تعدادی معیار (از جمله کیفیت محصول، قیمت، خدمات پس از فروش و تحویل به موقع سفارش)، انتخاب تأمین‌کننده صورت گیرد، روش‌های سنتی انتخاب تأمین‌کننده جوابگو نیست و نیاز به مدل‌های مناسب برای انتخاب تأمین‌کننده در چنین شرایطی می‌باشد. از این رو از یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط برای حل چنین مسأله‌ای استفاده شده است که رویکردی متفاوت با روش های انتخاب تأمین‌کننده به روش سنتی دارد.

منابع

- آذر، عادل؛ فرجی، حجت، (۱۳۸۱)، *علم مدیریت فازی*، تهران: مرکز مطالعات مدیریت و بهره‌وری ایران وابسته به دانشگاه تربیت مدرس.
- آذر، عادل، موسوی، سیدفاضل، (۱۳۹۳)، *طراحی مدل احتمالی و استوار یکپارچه سه مرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده با رویکرد عدم قطعیت*، نشریه تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)، دوره ۱۱، شماره ۱ (پیاپی ۴۰)، ۱-۱۸.
- پدریج، ویتولد، اکل، پیتر، (۱۳۹۵)، *تصمیم‌گیری چند معیاره فازی (مدل‌ها، روش‌ها و کاربردها)*، عادل آذر (مترجم)، ستار حمزه جونقانی (مترجم)، نشر مؤسسه کتاب مهربان.
- تدین، احمد، احمدی، شهین، (۱۳۶۹)، *فرهنگ تاریخ*، مؤسسه انتشارات آگاه، چاپ اوّل، ص ۱۴.
- تقوی فرد، سیدمحمدتقی، دهقانی، محمدحسن، آقایی، مجتبی، (۱۳۹۴)، *توسعه مدل تعیین میزان بهینه سفارش با انتخاب تأمین‌کننده مناسب و حل با استفاده روش الگوریتم ژنتیک NSGA-II ، مورد مطالعه: شرکت مروارید پنبه ریز بوشهر*، نشریه پژوهش‌های مدیریت در ایران (مدرس علوم انسانی)، دوره ۱۹، شماره ۲، ۶۵-۸۹.
- رزمی، جعفر، جولای، فریبرز، شخص نیا، مجید، (۱۳۸۶)، *ارایه مدل ترکیبی برای مساله تصمیم‌گیری انتخاب تأمین‌کننده و حل آن توسط الگوریتم ژنتیک*، نشریه پژوهشنامه بازرگانی، دوره ۱۱، شماره ۴۳، ۱۲۱-۱۵۲.
- روحبخش معیاری دوم، امیر، مشهدی فراهانی، محمدامین، کاظمی، مصطفی، (۱۳۹۴)، *ارزیابی و رتبه‌بندی مناسب‌ترین معیارهای انتخاب تأمین‌کننده خدمات لجستیک با رویکرد توسعه عملکرد کیفیت و AHP فازی*، نشریه تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)، دوره ۱۲، شماره ۲ (پیاپی ۴۵)، ۶۱-۷۸.
- صراف جوشقانی، حسن، غفاری توران، حسین، (۱۳۹۰)، *الگوها و تحولات در مدیریت زنجیره تأمین نظامی MSCM*، دومین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی لجستیک و زنجیره تأمین، تهران، موسسه همایش صنعت.
- سپهوند، رضا، (۱۳۹۳)، *استفاده از رویکردهای QFD و AHP در انتخاب تأمین‌کننده با مطالعه موردی در شرکت زمزم*، نشریه تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)، دوره ۱۱، شماره ۱ (پیاپی ۴۰)، ۱۹-۳۰.
- سیفی شجاعی، حمید، (۱۳۹۵)، *ارزیابی عوامل مؤثر بر بهبود عملکرد مدیریت زنجیره تأمین با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در صنایع غذایی*، فصلنامه مدیریت زنجیره ارزش، دوره ۱، شماره ۲، ۱-۱۶.

- شفیعا، محمدعلی، مهدوی مزده، محمد، پورنادر، مهردخت، باقرپور، مرتضی، (۱۳۹۲)، *ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های دو سطحی در مدیریت ریسک زنجیره تأمین به منظور انتخاب تأمین‌کننده*، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، دوره ۲۴، شماره ۳، ۳۱۶ – ۳۲۶.
- عزیزی، حسین، علیرضا، امیرتیموری، سهراب، کردرستمی، (۱۳۹۵)، *ارائه یک رویکرد جدید تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا برای انتخاب تأمین‌کننده با وجود خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقیق*، نشریه پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، دوره ۱، شماره ۲، ۱۳۹-۱۷۰.
- عطائی، محمد، (۱۳۸۹)، *تصمیم‌گیری چند معیاره فازی*، نشر دانشگاه صنعتی شاهرود.
- علیخانی، رضا، صادق عمل نیک، محسن، (۱۳۹۳)، *مدل یکپارچه چندهدفه رضایت‌بخش فازی برای مساله انتخاب تأمین‌کننده با اقلام چندگانه و تخصیص بهینه سفارش*، نشریه تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)، دوره ۱۱، شماره ۴ (پیاپی ۴۳)، ۱۵-۳۷.
- کدخدا زاده، حمیدرضا، مروتی شریف‌آبادی، علی، (۱۳۹۲)، *انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از سیستم استنتاج فازی*، عنوان نشریه مدیریت تولید و عملیات، دوره ۴، شماره ۲ (پیاپی ۷)، ۱۳۱-۱۱۳.
- یحیی زاده اندواری، یلدا، الفت، لعیا، امیری، مقصود، (۱۳۹۵)، *رویکرد بهینه‌سازی استوار در انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش*، نشریه مطالعات مدیریت صنعتی، دوره ۱۴، شماره ۴۰، ۲۵-۵۲.
- Chang, P. C. Lin, Y. K. (2010), *New challenges and opportunities in flexible and robust supply chain forecasting systems,* International Journal of Production Economics, vol.127, pp.453-456.
- Goldberg, D.E. (1983), *Computer-Aided Pipeline Operation using Genetic Algorithms and Rule Learning*, Doctoral Dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Gómez-Luciano, Cristino Alberto, Domínguez, Félix Rafael Rondón, González-Andrés, Fernando, Meneses, Beatriz Urbano López De, (2018), *Sustainable supply chain management: Contributions of supplies markets*, Journal of Cleaner Production, Volume 184, 311-320.
- Govindan, Kannan, Cheng, T. C. E. Mishra, Nishikant, Shukla, Nagesh, (2018), *Big data analytics and application for logistics and supply chain management*, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, In press.
- Holland, J.H. (1962), *Outline for a Logical Theory of Adaptive Systems,* Journal of the ACM, Vol. 9, No. 3, 297-314.

- Leung, S. C. Tsang, S. O. Ng, W. L. & Wu, Y. (2007). *A robust optimization model for multi-site production planning problem in an uncertain environment.* European journal of operational research, 181(1), 224-238.
- Mamdani, E. H. and Assilian, S. (1974), *An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller*, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 7, No. 1, 1-13.
- Pan, F. & Nagi, R. (2010). *Robust supply chain design under uncertain demand in agile manufacturing*. Computers & operations research, 37(4), 668-683.
- Reiner, G. & Trcka, M. (2004). *Customized supply chain design: Problems and alternatives for a production company in the food industry. A simulation based analysis.* International Journal of Production Economics, 89(2), 217-229.
- Stedler, H. Kilger, C. (2008), *SCM & advanced planning*, Berlin: Springer.
- Wang, L. X. (1997*), A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 07458, 1997.
- Zadeh, L. A. (1965), *Fuzzy Sets, Information and Control*, Vol. 8, 338-353.
- Zadeh, L. A. (1973), *Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes*, IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 3, No. 1, 28-44.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی