مدل برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس بر پایهٔ تحلیل فازی شهودی با در نظر گرفتن روش‌های هوش مصنوعی (مورد مطالعه: شرکت سایپا)

علی محقر
استاد، دانشگاه تهران
(نویسنده مسئول:amohaghar@ut.ac.ir)

طاها منصوری
استادیار، دانشگاه سالفورد

ساناز حدادی
دانشجوی دکتری، پردیس بین المللی کیش دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۶

چکیده

توسعه پایدار به عنوان توسعه‌ای شناخته می‌شود که نیازهای نسل حاضر را تأمین می‌کند بدون اینکه در پاسخگویی نیازهای نسل آینده خللی ایجاد کند. توسعه پایدار دارای سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است که می‌بایست به صورت همزمان در نظر گرفته شود. . با رشد و اهمیت توسعه پایدار، بسیاری از شرکت‌های موجود در سطح دنیا نیز به دلایل و انگیزه‌های کنشی و یا واکنشی اقدام به جمع‌آوری محصولات فرسوده خود می‌نماید. در چنین شرایطی وجود یک شبکه لجستیک معکوس که مبتنی بر توسعه پایدار باشد، ضروری است. تصمیم بر برونسپاری لجستیک به دلیل اجتناب از هزینه‌های ثابت، سرمایه گذاری سنگین و دستیابی به مزیت اقتصادی، بسیار اهمیت یافته و شرکت‌های بسیاری مزایای بالقوه را که از خدمات لجستیکی با کیفیت حاصل می‌شود، دریافته‌اند. در پژوهش منتهی به مقاله حاضر، یک مدل برنامه¬ریزی عدد صحیح آمیخته به منظور برنامه¬ریزی برون سپاری لجستیک معکوس در چرخه مونتاژ صنعت خودروسازی بر پایه تابع هدف هزینه–گرا ارائه شده است. قلمرو موضوعی پژوهش متمرکز بر چرخهٔ مونتاژ خطوط تولید به صورت عام و با اولویت خودروسازان پرتیراژ (سواری سبک) است که شامل گروه صنعتی خودروسازی سایپا شامل گروه لیزینگ رایان سایپا است. قلمرو زمانی پژوهش، در یک بازهٔ مشخص از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۸ است. متغیرهایی نظیر دریافتی‌های غیرتجاری، جمع کل دارایی‌ها، سود عملیاتی، سود خالص و ارزش بازار هستند که از طریق آمار منتشر شده شرکت سایپا با استفاده از نرم افزار MATLAB ارزیابی می‌شوند. میزان همگرایی داده‌ها در نمودار رگرسیونی فروش (درآمدهای عملیاتی) به سود عملیاتی بر مبنای مدل مفهومی در سال ۱۳۹۸ برابر با ۰/۹۸۹۵ و نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال ۱۳۹۸ بر مبنای مدل مفهومی در نظر گرفته شده برابر با ۰/۹۹۶۱ است.

واژه‌های کلیدی: لجستیک معکوس، برون‌سپاری، شبکهٔ فازی شهودی، شبکهٔ عصبی مصنوعی، سود عملیاتی.

۱. مقدمه

امروزه شـرکت‌ها در رقابت با یکدیگر نیسـتند، بلکه زنجیره‌های تأمین آن‌ها با هم رقابت می‌کنند [۲۵، ۷]. در زنجیرهٔ تأمین جریان مواد، اطلاعات و ارتباطات در بین بازیگران مختلف که شـامل تأمین‌کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده، عمده‌فروش، خرده‌فروش و مشـتری نهایی هسـتند، در جریان اسـت. ایجاد هماهنگی و یکپارچگی برای مدیریت این زنجیره در راسـتای کسب رضایت مشـتری و رقابت بهتر ضـرورت دارد [۱۱]. ایجاد هماهنگی و یکپارچی موجب بهینه‌سازی عملکرد زنجیره در بهبود کیفیت، تحویل به موقع، انعطاف پذیری بیشتر و مقرون به صرفه‌تر شدن هزینه می‌شود [۱۷].

از طرف دیگر مسـئله‌ی جهانی شـدن، موجب افزایش رقابت‌پذیری در صـنایع کشـورها [۲۴؛۱۰؛ ۸؛ ۱۸؛۳]، افزایش مقررات زیست محیطی، فشـار و خواسـته‌های مشـتریان در زمینه مسائل زیست محیطی شده است که به یک دغدغه اساسی برای شرکت‌ها تبدیل شده است. در بسـیاری از سـازمان‌ها ویژگی‌هایی همچون میزان کیفیت محصـول، قیمت رقابتی، تحویل به موقع و نواقص پایین، زمان چرخه سفارش پایدار به عنوان بهای ورود به عرصـه رقابتی در دنیای اقتصـاد شـناخته می‌شـوند [۳۴]. این امر زمانی اهمیت پیدا می‌کند که بتوان بر پایهٔ آن اطلاعات مزیت رقابتی برای سـازمان ایجاد شـود و سـازمان به اهداف و چشـم اندازهای خود دسـت یابد. در این زمینه تعدادی از رقبا در برخی ویژگی‌های مهم لجسـتیکی به تعادل رسـیده‌اند و این ویژگی‌ها به اسـتانداردهای ارائه‌ی شـده‌ی این سـازمان‌ها و نیازهای اساسـی مشـتریان تبدیل شده است. سازمان‌هایی که در زمینه این خصوصیات به استانداردهای لازم دست نمی‌یابند، حتی در تصمیمات خرید و یا برون سپاری نیز دچار مشکل هستند [۳۴].

لجستیک معکوس (RL[1]) را می‌توان به عنوان یکی از ویژگی‌های کلیدی هر شرکت در نظر گرفت که بر تصـمیمات خرید مشـتریان در محیط رقابتی تأثیر می‌گذارد. در مطالعات مختلف تعاریف مختلفی از لجسـتیک معکوس ارائه شـده اسـت برخی از آن‌ها به شـرح ذیل هستند:

- لجستیک معکوس به عنوان فرآیند برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی و کنترل کارا و مؤثر جریان مواد خام، مواد نیمه‌ساخته‌شده، محصولات تمام شده و اطلاعات آن‌ها، از نقطهٔ مصرف به نقطه مبدأ با هدف خلق ارزش و یا دفع مناسب است [۱۲].

[1] Reverse Logistics

- لجستیک معکوس به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا مزیت‌های رقابتی خود را افزایش دهند و آنها را حفظ کنند و در راستای آن حداکثر رضایت مشتریان را فراهم سازند [۲۵]. لجستیک معکوس را می‌توان لجستیک مرتبط با کالاهای عودتی یا کالاهای برگشتی دانست. به صورت کلی لجستیک معکوس را می‌توان اینگونه بیان نمود: انتقال دقیق، به موقع و درست مواد، اقلام و کالاهای قابل استفاده و غیرقابل استفاده از انتهایی‌ترین نقطه و آخرین مصرف‌کننده از طریق زنجیرهٔ تامین به واحد مناسب. به عبارت دیگر لجستیک معکوس فرآیند حرکت و انتقال برای کالاها و تولیداتی است که زنجیره تأمین آنها دارای قابلیت بازگشت هستند [۱۶].

در سال‌های اخیر پیشرفت تجارت الکترونیکی باعث رشد چشمگیر لجستیک معکوس شده است [۲۷]. بر پایهٔ آمار منتشره، میزان فروش تجارت الکترونیک در ایالات متحده و کانادا تا سال ۲۰۱۸ به ۵۰۰ میلیارد دلار و در سال ۲۰۲۲ به ۸۴۳ میلیارد دلار و برای کشور چین به ۲/۷۸ تریلیون دلار رسید. در بسیاری از صنعت‌ها به کارگیری لجستیک معکوس بر مبنای برنامه‌ریزی استراتژیک صورت گرفته است. اگرچه این عوامل مبتنی بر عوامل کوتاه‌مدت هستند، با این حال پوشش اصلی اهداف در نظرگرفته شده مبتنی بر اهداف میان‌مدت و یا بلندمدت است. این تصمیمات بر اساس اهداف از پیش تعیین‌شده هستند تا بتوانند برنامه‌ریزی عملیات و آینده شرکت را در افق بین سه تا پنج سال تعیین کنند [۶].

این اهداف می‌توانند برخی از زمینه‌ها را پاسخ دهند نظیر: تعیین سیاست بازگشت، ارزیابی کیفیت محصول، تعیین استراتژی قیمت، مدیریت تولید و موجودی، انتخاب اجزا برای پیکربندی محصولات بازیابی شده، تعیین مسیرهای لجستیکی بهینه و انتخاب بهترین جایگزین براساس اقدامات تاکتیکی و عملیاتی در کوتاه مدت[۱۴]. اما مسألهٔ اصلی در این حالت در نظر گرفتن معیارهایی نظیر کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری است. از آنجایی که فشارهای اقتصادی زیادی در دنیای کنونی بر بسیاری از صنایع جهت کاهش قیمت‌ها و افزایش رقابت‌پذیری وجود دارد، صنایع ناچارند راه‌هایی برای دست یافتن به معیارهای مورد نظر بیابند. یکی از راه‌های نیل به این هدف، برونسپاری بخشی از خدمات و یا کل امور لجستیکی به شرکت‌های خدمات لجستیک طرف سوم (P3PRLP[1]) است و از آنجایی که هزینه‌های لجستیکی همواره بخش مهمی از قیمت نهایی محصول می‌باشند، بنابراین محاسبه هزینه‌های لجستیک[2] و تلاش در جهت کاهش آن از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

[1] Third Party Logistics (3PL) Service Provider
[2] Logistics costs

برون‌سپاری می‌تواند موجب کارایی و کیفیت بیشتر یا هزینه کمتر شود. در بحث شبکه‌های تولید، مونتاژ و بازیافت نیز که به نوعی از شبکه‌های لجستیک می‌باشند، تا کنون تحقیقات زیادی در حوزه برونسپاری صورت گرفته است که می‌توان آن‌ها را به سه دسته تقسیم‌بندی کرد: ۱) کمینه نمودن هزینه‌ها، ۲) کمینه نمودن هزینه‌ها و آثار نامطلوب اقتصادی و زیست محیطی و ۳) کمینه نمودن هزینه‌ها و آثار مطلوب اقتصادی و زیست محیطی. در این پژوهش منتهی به مقاله حاضر، به بیان مدل ریاضی بر مبنای رویکرد فازی شهودی و روش‌های هوش مصنوعی در جامعه آماری پرداخته است و مدل مفهومی برای برنامه‌ریزی برونسپاری لجستیک معکوس ارائه شده است. مدل مفهومی بر پایه شاخص‌ها و معیارهای موثر در فرآیند برنامه‌ریزی چرخه مونتاژ خطوط تولید در صنعت خودرو است که هدف آن کاهش هزینه‌ها، استفاده بهینه از منابع و بهبود بهره‌وری می‌باشد. در این رابطه پژوهش منتهی به مقاله حاضر، به ارزیابی مسائل و سوالات زیر می‌پردازد:

- مدل برنامه‌ریزی برونسپاری لجستیک معکوس براساس روش فازی و شبکه عصبی در شرکت سایپا چگونه است؟
- میزان دقت در کاهش هزینه‌ها بر مبنای برون‌سپاری لجستیک شرکت سایپا با در نظر گرفتن روش پیشنهادی به چه میزان است؟
- افزایش بهره‌وری از طریق بهبود برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک شرکت سایپا با بکارگیری عدم قطعیت مبتنی بر فازی شهودی به چه میزان است؟

۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

عوامل موثر در فرآیند برون‌سپاری لجستیک معکوس در مطالعات بسیاری مورد توجه قرار گرفته است که هدفشان بهینه‌سازی معیارهایی نظیر هزینه و افزایش کیفیت است. خلاصه‌ای از این پژوهش‌ها در ادامه بیان شده است: الکهتانی و همکاران[1] (۲۰۲۱)، که در پژوهش خود به ارزیابی مدل پیش‌بینی لجستیک معکوس با تمرکز بر سیستم‌های جمع‌آوری داده، پرداخته‌اند. آنچه که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته است، توسعه پایدار شامل مفهوم‌های بسیاری نظیر لجستیک معکوس (RLs[2]) و زنجیره تأمین حلقه بسته است که موجب تشویق

[1] Alkahtani et al
[2] Reverse logistics

پایداری در زنجیره تأمین می‌باشد [۲۸]. هدف اصلی این پژوهش پیش‌بینی عملکرد RL و همچنین طبقه‌بندی تحقیقات براساس معیارهای عملکرد RL است. معیارهای عملکرد RL در نظر گرفته شده در بسیاری از پژوهش‌ها، از جمله چریستس و همکاران[۱] (۲۰۲۱)، کیم و همکاران[۲] (۲۰۲۰)، ریاض و همکاران[۳] (۲۰۲۱) و زربخش نیا و همکاران (۲۰۲۰)، شامل موارد زیر است (این معیارها همراه با نتایج بدست آمده از ارزیابی آن‌ها بیان شده‌اند):

- جنبه‌های اقتصادی[۴]:

الف) بهینه‌سازی هزینه‌های لجستیک[۵]: پیشنهاد طراحی و پیاده‌سازی کانال بازیابی اطلاعات مبتنی بر سیگنال‌های رادیویی RFID[6]، با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های لجستیک.

ب) سود با بهره‌وری بازیابی[۷]: در نظر گرفتن معیار کیفیت محصول بازسازی شده مبتنی بر فرآیند لجستیک معکوس. در صورتی که کیفیت محصول برگشتی به اندازه کافی خوب باشد، راندمان بازیافت قطعات با مواد اولیه مفید بالاتر است. بالا رفتن کیفیت بر معیار حمل و نقل نیز تاثیر گذاشته و موجب کاهش هزینه‌های سوخت و حمل و نقل می‌شود.

پ)سود کانال[۸]: سود به دست آمده توسط جمع‌کننده مواد اولیه و یا سازنده بیان شده است. نتایج حاصل از ارزیابی نشان می‌دهد که کاهش میزان سود کارخانجات تولیدکننده، هیچ تأثیری بر روی قیمت خرده فروشی/ عمده فروشی بهینه برای دور دوم ندارد و تنها بر تصمیمات بهینه دور اول اثر می‌گذارد. به عبارت دیگر با افزایش میزان تخفیف سود، سود بازتولیدکننده محصولات (کارخانجات و شرکت‌های تولیدی) به شدت افزایش می‌یابد.

- جنبه‌های زیست محیطی[۹]:

جنبه‌های مختلف زیست محیطی را می‌توان هزینه‌های ناشی از دور ریختن محصولات برگشتی که نمی‌توانند دوباره تولید و یا بازیافت شوند، بیان کرد. هر چقدر میزان این هزینه‌ها کمتر باشد، چرخه ایجاد شده از راندمان بالاتری برخوردار است. این عمل را می‌توان با زمان–بندی وظایف در چرخه تولید و مونتاژ محصولات در نظر گرفت.

---

[1] Christos et al
[2] Kim et al
[3] Riaz et al
[4] Economical Aspects
[5] Logistics Cost Optimization
[6] Radio-frequency
[7] Profit by Recovery Efficiency
[8] Channel Profit
[9] Environmental Aspects

- جنبه‌های اجتماعی[1]:

جنبه‌های اجتماعی بیانگر عواملی است که می‌تواند قصد خرید مصرف‌کننده را بهبود بخشد که شامل معیارهای کیفیت محصول، ظاهر فیزیکی محصول، بسته‌بندی محصول و قیمت محصول است.

- جنبه‌های عملیاتی[2]:

جنبه‌های عملیاتی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری مستقیم و بازیابی، حمل و نقل، بازرسی، ارتقا کیفیت محصول (تولید مجدد) و هزینه دفع را شامل می‌شود. در این رویکرد پارامترهای عدم قطعیت مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.

اولیاسلا و همکاران[3] (۲۰۲۱)، تحقیقی با عنوان طراحی و توسعه سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل تولید هوشمند بر مبنای سیستم‌های اجرایی تولید (MES[4]) و سیستم‌های برنامه‌ریزی فعلی و برنامه‌ریزی پیشین (APS[5]) انجام دادند. روش پیشنهادی بر پایه‌ی مطالعات موردی در یک شرکت تولیدی شیرینی و تنقلات (در چرخه تولید) است. برنامه‌ریزی و کنترل تولید (PPC[6]) بر پایه‌ی فعالیت‌های بارگیری، زمان‌بندی، ترتیب‌بندی، نظارت و کنترل استفاده از منابع و مواد در طول تولید می‌باشد. در این روش اتصال سیستم‌ها بر پایهٔ اینترنت اشیا است و حسگر[7] داده‌ها از طریق اتصالات ایمن به یک سرویس ذخیره داده ابری، فعالیت می‌کنند.

اینترنت اشیا به عنوانی یکی از مهمترین فناوری‌های نوظهور و تحول آفرین است [۳۰] که با اتصال دنیای واقعی، دیجیتال و سایبر با کمک حسگرها، دستگاه‌ها و درگاه‌ها به شبکه‌های باسیم یا بی‌سیم در بستر سکووارهای پشتیبان، کاربردهای متنوعی را با توجه به مسائل امنیتی و حریم خصوصی، در صنایع مختلف ایجاد کرده است [۱۹؛۱۲؛۳۲]. هدف از اینترنت اشیا، رسیدن به پایداری، مزایای اقتصادی (با کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد)، کاهش مسائل اجتماعی (از طریق افزایش رفاه کارکنان، مشتریان، تأمین‌کنندگان و شهروندان) و حفاظت از محیط زیست (از طریق کاهش آلودگی‌ها، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ...)

---

[1] Social Aspects
[2] Operational Aspects
[3] Oluyisola et al
[4] Model based on production executive systems
[5] A Current planning systems and previous planning
[6] primary alcohols and primary amines
[7] Sensor

می‌باشد [۳۳؛۷]. اینترنت اشیا با کاربردهایی که در خودروهای متصل دارد تأثیرات متنوعی در صنعت خودروسازی برای حرکت به سمت پایداری دارد [۲۱].

روش پیشنهادی ملاحظه‌هایی را ارائه می‌کند که مقیاس‌پذیری و انعطاف‌پذیری را توسط معماری خدمت‌محور و انتخاب الگوریتم‌های برازنده ممکن می‌کند. در نهایت نیازهای تجاری، برنامه‌ریزی و کنترل تولید کوتاه مدت چند معیار رویداد محور را تضمین می‌کند.

میشرا و همکاران[1](۲۰۲۱)، در پژوهشی، رویکرد CRITIC-EDAS را ارائه کردند که هدف از انتخاب ارائه‌دهندگان، لجستیک معکوس شخص ثالث پایدار است که با استفاده از تابع امتیاز تعمیم یافته بهینه مدل عملکرد بهبود یافته نمره تعمیم یافته جدید (IGSF[2]) به اهداف تحقیق دسترسی پیدا می‌کنند. این پژوهش یک روش ترکیبی مبتنی بر CRITIC و EDAS است که ویژگی‌های مجموعه فازی (FFSs[3]) را برای حل مسئله انتخاب PRLP۳ بر اساس ویژگی‌ها و وزن تصمیم‌گیری، ارائه می‌دهد. در این چهارچوب رویکرد CRITIC برای محاسبه وزن ویژگی و روش EDAS برای ارزیابی ترتیب اولویت‌های PRLP۳ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که این رویکرد از انعطاف‌پذیری و سازگاری بیشتری با S3PRLP برخوردار است.

ریاض و همکاران[4] (۲۰۲۱)، رویکرد جدیدی برای فرآیند انتخاب لجستیک معکوس شخص ثالث تحت عملگرهای تجمیع اولویت‌بندی فازی خطی ارائه می‌دهند که از روش عملگرهای تجمیع برای تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM[5]) تحت عدم قطعیت بهره گرفتند. این مطالعه شامل مراکز خرید خرده فروشی بر پایه اپراتورهای تجمع مانند اپراتورهای اولویت دار میانگین وزنی (LDFPWA[6]) و هندسی وزنی (LDFPWG[7]) است. نتایج حاصل از پژوهش بیان می‌کند که مشکل بهینه‌سازی لجستیک معکوس مبتنی بر کارایی و برتری با استفاده از روش پیشنهادی بود.

وانگ و همکاران[8](۲۰۲۱)، مقاله‌ای با عنوان برون‌سپاری لجستیک معکوس برای خرده‌فروشان تجارت الکترونیک با استفاده از روش بهینه‌سازی فازی دو مرحله‌ای انجام دادند.

---

[1] Mishra et al
[2] improved generalized score function
[3] Fermatean fuzzy set
[4] Riaz et al
[5] Multi-Criteria Decision-Making Methods
[6] linear Diophantine Fuzzy prioritized weighted average
[7] linear Diophantine Fuzzy prioritized weighted geometric
[8] Wang et al

آنها از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بهره گرفتند تا با انتخاب PRLP۳ و یک مطالعه موردی در مورد انتخاب PRLP۳ در یک تجارت برخط در ویتنام اهداف تحقیق را پیاده کنند. آن‌ها از فرآیند سلسله مراتبی فازی (FAHP[۱]) برای اندازه‌گیری اهمیت نسبی معیارها در فرآیند ارزیابی استفاده کردند. در ادامه از تکنیک فازیبه منظور ترجیح سفارش مشتری براساس شباهت به راه حل ایده آل (FTOPSIS[۲]) استفاده گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که معیارهایی نظیر زمان تحویل، صدای مشتری، هزینه، تحویل و خدمات و کیفیت به عنوان اصلی‌ترین محرک‌ها در انتخاب PLRL۳ هستند.

هاشمی و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی به ارائهٔ یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه فازی پرداختند. آن‌ها یک شبکه لجستیک معکوس پایدار جمع‌آوری زباله شهری با در نظر گرفتن هدف کاهش انتشار گازهای آلاینده را طراحی کردند. یکی از چالش‌ها در حوزهٔ مدیریت پایدار، هزینه‌ها است و تقاضای مشتری می‌بایست به صورت همزمان در نظر گرفته شود. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی فازی برای طراحی یک مدل چندهدفه در شبکه لجستیک معکوس مبتنی بر مدل جامع پرداخته شود. به منظور پوشش تمامی جنبه‌های این سیستم، سعی شده است هزینه ساخت تأسیسات، سوخت خودرو و آسیب‌های زیست محیطی ناشی از انتشار گازهای آلاینده حداقل شود. به منظور ارزیابی روش پژوهش، یک الگوریتم ژنتیک چند هدفه ویژه (NSGAll) و یک کلونی زنبور عسل استفاده شده است. نتایج دو الگوریتم با توجه به شاخص‌های مقایسه‌ای نظیر کیفیت، فاصله‌گذاری، تنوع و زمان حل مقایسه شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که در همهٔ موارد، الگوریتم کلونی زنبور عسل[۳] قادر به کشف و استخراج به منظور رسیدن به یک راه حل عملی است.

پاتیک و همکاران[۴] (۲۰۲۱)، در پژوهشی به ارزیابی استفاده از سیستم های اطلاعاتی برای پشتیبانی از مدیریت فرآیندهای لجستیک معکوس پرداختند. این موارد شامل مدیریت فرآیندهای لجستیک معکوس (برخورد با جریان کالاها و محصولات برگشتی) بود. بر اساس نتایج پژوهش، چالش‌های اصلی استفاده از سیستم‌های فناوری اطلاعات در مدیریت

---

[1] Fuzzy Analytic Hierarchy Process
[2] Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
[3] Bee algorithm
[4] Patyak et al

فرآیندهای لجستیک معکوس در شرکت‌ها، سطح استفاده از این سیستم‌ها در مدیریت و فرآیندهای لجستیک معکوس و تعیین مزایا و موانع برای اجرای سیستم‌های فناوری اطلاعات است.

صادقی مقدم و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی به بهره‌گیری از روش واسپاس فازی شهودی با مقادیر بازه‌ای به منظور ارزیابی راهکارهای اجرای لجستیک معکوس در زنجیره تأمین لارج پرداخته‌اند. از رویکرد فازی شهودی در این پژوهش به منظور وزن‌دهی و از روش واسپاس فازی شهودی بازه‌ای به منظور اولویت بندی راهکارها استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش بیانگر اهمیت راهکار مبتنی بر ایجاد، توسعه و سرمایه گذاری در فن آوری لجستیک معکوس می‌باشد.

توان و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی مدل شبیه‌سازی تحلیل پوششی داده‌ها در سیستم‌های تولید مستعد شکست شبکه‌ای با در نظر گرفتن نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان و بازگشت کالاهای ارائه کردند. آنچه که به عنوان نوآوری در این پژوهش مدنظر قرار گرفته است، ارزیابی سیستم غیر پایدار با فرض وجود کالاهای فاسد پذیر است که فعالیت‌های نگهداری، تعمیرات پیشگیرانه و اصلاحی را شامل می‌شود.

جدول (۱): خلاصه‌ای از مقالات ارزیابی شده

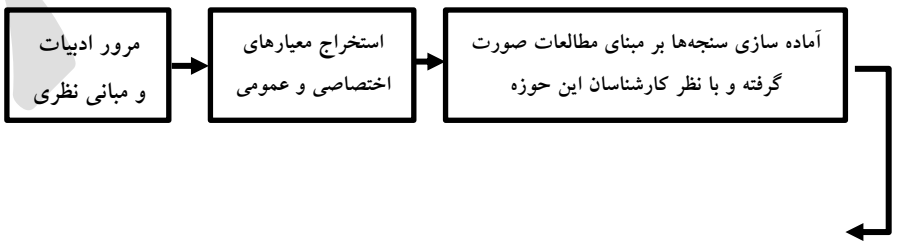
عنوان مقاله	سال انتشار	روش تحقیق	شکاف تحقیق
اولیاسلا و همکاران	۲۰۲۱	برنامه‌ریزی و کنترل تولید	انتخاب الگوریتم به منظور رفع نیازهای تجاری و ایجاد راه حل برنامه ریزی وکنترل کوتاه مدت تولید
ریاض و همکاران	۲۰۲۱	استفاده از روش‌های میانگین وزنی و هندسه وزنی	استفاده از رویکرد عدم قطعیت بر روی عملگرهای تجمیع و بیان کارایی کلی مدل
وانگ و همکاران	۲۰۲۱	روش بهینه یابی فازی دو مرحله ای	استفاده از روش فازی بر روی عملگرهای تجمیع و بیان کارایی جزیی مدل
هاشمی و همکاران	۲۰۲۱	مدل بهین سازی چندهدفه فازی	مدیریت پایدار هزینه ها و تقاضای مشتری در مدل به صورت همزمان در نظر گرفته شده است.

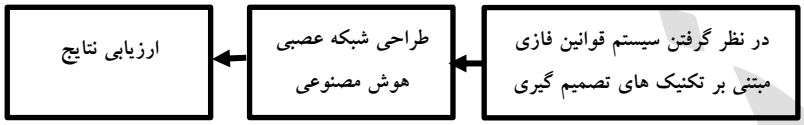
صادقی مقدم و همکاران	۲۰۲۱	روش واسپاس فازی شهودی	استفاده از روش فازی پیشنهادی بر روی مقادیر بازه ای و سیستم‌های بزرگ
توان و همکاران	۲۰۲۳	تحلیل پوششی داده ها	ارزیابی سیستم غیر پایدار با فرض وجود کالاهای فاسد پذیر و در نظر نگرفتن بازه‌ی زمانی

مطالعهٔ پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های فازی در کنار روش‌های بهینه‌یابی نظیر الگوریتم‌های فراابتکاری و هوش مصنوعی پرکاربرد است. استفاده از روش فازی منجر به ساده‌ترشدن معادلات و تابع چندهدفه شده است. تفاوت مدل پیشنهادی در مقایسه با پژوهش‌های گذشته این است که از روش‌های یادگیری ماشین با در نظر گرفتن پارامترهای عدم قطعیت استفاده شده است. همچنین از روش فازی به منظور خوشه‌بندی داده‌های ورودی و همگرایی داده‌ها بهره گرفته شده است. این کار باعث می‌شود که دقت شبکه عصبی پیشنهادی افزایش یابد [۳۸]. در سیستم لجستیک با در نظر گرفتن روش‌های یادگیری ماشین می‌توان پارامترهای عدم قطعیت را کنترل کرد [۳۹].

۳. روش شناسی پژوهش

این پژوهش منتهی به مقاله حاضر، از نظر هدف کاربردی و از نظر جمع‌آوری اطلاعات، توصیفی پیمایشی است. در این پژوهش یک مدل جامع برای برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس بر پایهٔ تحلیل شبکه فازی شهودی ارائه می‌شود. در این پژوهش روش‌های هوش مصنوعی در صنعت خودرسازی کشور استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین اهداف مطالعه حاضر، در نظر گرفتن پارامترهای عدم قطعیت در فرآیند لجستیک معکوس است. در این خصوص از روش فازی شهودی به منظور تجزیه و تحلیل رویکرد عدم قطعیت استفاده شده است. بر اساس مطالعات گذشته، این پژوهش پس از اخذ گزارش‌های اقتصادی واحدهای تولیدی شرکت سایپا و با محفوظ نمودن ویژگی‌های انحصاری صنعت خودرو، نسبت به نهایی کردن مدل و ارزیابی نتایج، مراحل زیر ارائه می‌شود.





شکل (۱): فرآیند اجرایی تحقیق

- مرور ادبیات و داده‌کاوی: بر مبنای روش شناسایی سطوح آمادگی فناوری (TRL[1]) براساس مستندات فنی در چرخه مونتاژ تولید در صنعت خودرو و گزارش‌های اقتصادی شرکت سایپا.

- در نظر گرفتن قواعد فازی مبتنی بر تکنیک‌های تصمیم‌گیری: این مرحله و مرحله بعد در نرم افزار MATLAB انجام می‌شود. قواعد فازی بر مبنای داده‌کاوی صورت گرفته و به منظور تنظیم‌کننده قواعد برای بهینه‌سازی تابع هدف در مسائل استفاده شده است. همچنین در این مرحله متغیرهای پژوهش تعریف و محدودیت‌های تولید، محدودیت‌های هزینه و انرژی نیز بیان شده‌اند. هدف از تنظیم قواعد، کمینه‌سازی میزان هزینه و انرژی و بیشینه‌سازی میزان تولید به منظور افزایش راندمان و بهره‌وری است.

- طراحی شبکه عصبی مصنوعی: این مرحله در نرم افزار MATLAB انجام می‌شود. پس از تعیین قواعد فازی، تابع هدف و متغیرهای پژوهش در قسمت قبلی، از شبکه عصبی مصنوعی به منظور سنجش میزان اعتبار، کارایی و دقت مدل تعیین شده، استفاده می‌شود.

با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی مناسب و انتخاب صحیح وزن‌ها و توابع فعالساز فرایندهای خطی و غیرخطی قابل شبیه‌سازی است. هر شبکه از سه لایه ورودی، میانی یا مخفی و لایه خروجی تشکیل شده است. لایه ورودی وظیفه معرفی پارامترها به شبکه را دارند، لایه پنهان، لایه‌های بین لایه ورودی و لایه خروجی است که نقش پردازشگری اطلاعات را بر عهده دارد، لایه خروجی، محل استقرار پارامترهای خروجی شبکه است. شبکه عصبی مصنوعی علائم را از واحدهای ورودی دریافت کرده و این سیگنال‌ها در طول شبکه انتشار یافته و در نهایت به سوی نرون خروجی حرکت می‌نمایند.

قلمرو موضوعی تحقیق: قلمرو موضوعی تحقیق متمرکز بر چرخه مونتاژ خطوط تولید به صورت عام و با الویت خودروسازان پرتیراژ (سواری سبک) در گروه صنعتی سایپا است.

[1] Technology Readiness Level

قلمرو مکانی تحقیق: قلمرو مکانی تحقیق در زنجیره تامین گروه صنعتی خودروسازی سایپا و زیر مجموعه می‌باشد. نحوه گردآوری داده‌ها بر مبنای آمارهای فروش گروه صنعتی خودروسازی سایپا در بازه‌ی سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ می‌باشد. همچنین به منظور تأیید داده‌های موجود از صاحب نظران و کارشناسان مربوطه در این صنعت کمک گرفته شد.

قلمرو زمانی تحقیق: قلمرو زمانی تحقیق در یک بازه‌ی مشخص از (۱۳۸۹-۱۳۹۸) است. بازۀ زمانی مورد نظر توسط گروه صنعتی خودروسازی سایپا ارائه شده است.

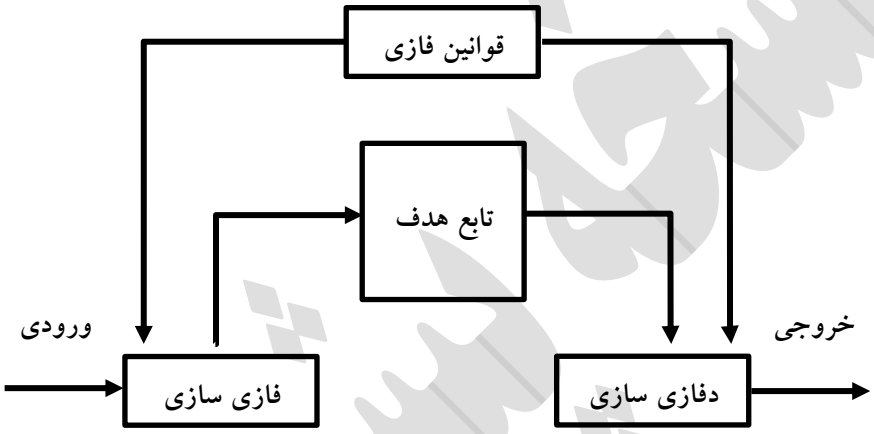
۳-۱-تابع هدف و محدودیت‌های مسئله: تابع هدف و محدودیت‌های مسئله بر پایه تابع فازی شهودی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. برای رسیدن به بهترین حالت، ترکیب بین افراد و ماشین‌آلات با توجه به تنوع محصولات خط مونتاژ، باید تابع هدف و محدودیت‌ها در خط شناسایی شوند تا به بتوان با ورود این اطلاعات به کامپیوتر، روش حل را برای رسیدن به جواب بهینه پیاده‌سازی کرد. با بررسی‌های انجام شده درخط، مشخص شد که محدودیت‌های مطالعه شامل محدودیت‌های تقدم و تأخر فعالیت‌ها و محدودیت منابع که شامل نیروی انسانی و ماشین‌آلات می‌باشد. تابع هدف و محدودیت‌ها در معادله (۱) بیان شده است.

$$\max z = 1 - \frac{\sum(\max ts - tsi)}{k \times \max ts}$$ رابطۀ (۱)

در رابطه بالا، ts زمان کل ایستگاه‌های کاری، tsi زمان ایستگاه i و k تعداد ایستگاه‌های کاری است. راهکار پیشنهادی بعد از مشخص شدن محدودیت‌ها و تابع هدف، دستیابی به جواب بهینه با استفاده سیستم فازی شهودی می‌باشد. بر این اساس ابتدا زمان هر فعالیت با زمان فعالیت‌های وابسته جمع شده و سپس فعالیت‌ها به ترتیب اولویت زمانی از طولانی‌ترین زمان به کوتاه‌ترین زمان فهرست می‌شود. برای تعیین حالات مختلف، چیدمان افراد در برنامه مورد نظر در ایستگاه‌ها نوشته شده و با توجه به الویت‌بندی‌های مشخص شده و تعیین محدوده زمانی برای هر فرد به عنوان سیکل تولید، بر تعداد ایستگاه‌های تعیین شده توسط نرم افزار تقسیم و به عنوان حداکثر زمان آن ایستگاه در نظر گرفته می‌شود. بعد از این مرحله به کمک مدل شبکه عصبی پیشنهادی سعی در انتخاب بهترین جواب بهینه خواهیم داشت.

۳-۲-روش فازی پیشنهادی: برای روش فازی، مقادیر فازی شده توسط موتور استنتاج مورد پردازش قرار می‌گیرندکه این موتور شامل یک پایگاه ضوابط (قوانین) و روش‌های مختلف

برای استنتاج این قوانین است. پایگاه ضوابط فقط چند ضابطه IF-THEN است که متغیرهای فازی ورودی را با استفاده از متغیرهای زبان شناسی با متغیر خروجی مرتبط می‌سازد، که هر یک از این متغیرهای زبان شناسی توسط مجموعه فازی و اپراتور فازی AND تعریف می‌شوند. به طور کلی در شکل (۲) شمای از ساختار یک سیستم تصمیم‌گیری فازی نمایش داده شده است.



شکل (۲): ساختار سیستم فازی در الگوریتم به کار رفته [۱۶]

۳-۲-۱-سیستم استنتاج خروجی: اطلاعات سرخوشه‌های خروجی از سیستم استنتاج فازی به عنوان ماتریس هدف[1] در نظر گرفته شده است. خوشه‌بندی بر مبنای اطلاعات مالی در بازه‌ی یک ساله اتفاق می‌افتد. در کنار ماتریس اطلاعات ورودی که به نرم افزار فراخوانی می‌شوند، ماتریس ورودی دیگری تحت عنوان داده‌های ساده[2]وجود دارد که معادلات اولیه سیستم را شبیه‌سازی می‌کند. به عبارت دیگر ماتریس ورودی شامل اطلاعات اولیه بر مبنای میزان سود آوری چرخه مونتاژ و مقادیر خروجی میزان سودآوری است.

۳-۲-۲-قوانین فازی: قوانین فازی به منظور خوشه‌بندی از بیست و هفت قانون از جدول (۱) پیروی می‌کند. هر سطر از این جدول بدین‌گونه تفسیر می‌شود:

if main_concept is high and detail_concept is high and main_edge is high then similarity1 is high

[1] Target
[2] Simple input

اگر خوشه‌بندی اطلاعات موجود در سیستم مونتاژ محصول مورد ارزیابی فقط در یک دامنه‌ی مشخص انجام شود و هدف، خوشه‌بندی دقیقی از خوشه‌بندی یک شبکه مشخص باشد، ساختار مفهومی شباهت بین داده‌ها دارای اهمیت است (ساختار1 Similarity). در صورتی که خوشه در چند دامنه صورت بگیرد و هدف، یافتن یک خوشه‌بندی کلی بر اساس موضوعات دامنه باشد، ساختار مفهومی تأثیر چندانی در تعیین شباهت بین گره‌ها ندارد (ساختار Similarity 2).

بر این اساس مقدار R تابع ریسک و L تابع زیان به صورت رابطه (۲) بیان می‌شوند:

$$R = E\left[L\ (\theta - \hat{\theta})\right]$$ رابطهٔ (۲)

$$(e)= e^2 \rightarrow L\ (\theta-\theta)= (\ \theta- \theta)^2$$ رابطهٔ (۳)

$\boldsymbol{\theta}$ مجموعه داده‌های ورودی و $\boldsymbol{\hat{\theta}}$ مجموع داده‌های پیش‌بینی می‌باشد. با در نظر گرفتن معادله (۳)، مقدار $mse = E\left[(\theta - \hat{\theta})^2\right]$ را مینیمم می‌کنیم. در صورتی که متغیرها را با x نمایش دهیم، خواهیم داشت:

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$ رابطهٔ (۴)

$$\widehat{\theta_{ls}} = E(\theta|\underline{x})$$ رابطهٔ (۵)

$$\widehat{\theta_{ls}} = E(\theta|\underline{x}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \theta f_\theta(\theta|\underline{x})\, d\theta$$ رابطهٔ (۶)

که در این رابطه $\boldsymbol{f_\theta\ (\theta)}$ را تابع چگالی پیشین و $\boldsymbol{f_\theta(\theta|\underline{x})}$ را تابع چگالی پسین می‌نامند.

$$f_\theta(\theta|\underline{x}) = \frac{f_{\underline{x}}\ (\underline{x}|\theta)\ f_\theta\ (\theta)}{f_x(\underline{x})} = \gamma\ f_{\underline{x}}\ (\underline{x}|\theta)\ f_\theta\ (\theta)$$ رابطهٔ (۷)

$$\widehat{\theta_{ls}} = \int_{-\infty}^{+\infty} \theta f_\theta(\theta|\underline{x})\, d\theta = \frac{1}{f_{\underline{x}}\ (\underline{x})} \int_{-\infty}^{+\infty} \theta f_\theta(\theta|\underline{x}) f_\theta\ (\theta)\, d\theta$$ رابطهٔ (۸)

تابع زیان دیگر در تخمین رگرسیون فازی به صورت رابطه (۹) بیان می‌شود:

$$L(e) = |e| \rightarrow L(\theta - \hat{\theta}) = \left|\theta - \hat{\theta}\right|^2$$ رابطهٔ (۹)

به عبارت دیگر بایستی $\boldsymbol{mae = E\ (\left|\theta - \hat{\theta}\right|^2)}$ منیمم شود که منجر به رابطه (۱۰) می‌شود:

$$\widehat{\theta_{abs}} = median\ \left(f_\theta(\theta|\underline{x})\right)$$ رابطهٔ (۱۰)

$$\int_{-\infty}^{\widehat{\theta_{abs}}} f_\theta(\theta|\underline{x})\, d\theta = \int_{\widehat{\theta_{abs}}}^{+\infty} f_\theta(\theta|\underline{x})\, d\theta$$ رابطهٔ (۱۱)

۴. تحلیل داده و یافته‌های پژوهش

دو معیار اصلی که در مدل مفهومی مورد توجه قرار گرفته است، معیار کیفیت و معیار هزینه است. هدف اصلی بهینه‌سازی برنامه مونتاژ تولید خودرو در مدل مفهومی برای برنامه ریزی برونسپاری لجستیک معکوس، از آمارهای فروش گروه صنعتی خودروسازی سایپا در بازه‌ی سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ است. متغیرهای مورد استفاده شامل دریافتی‌های غیرتجاری، جمع کل دارایی‌ها، سود عملیاتی، سود خالص و ارزش بازار است که از طریق آمار منتشر شده شرکت سایپا مورد ارزیای قرار گرفته است (به طور نمونه از سال داده‌های مربوط به چهار سال آخر نمایش داده شد).

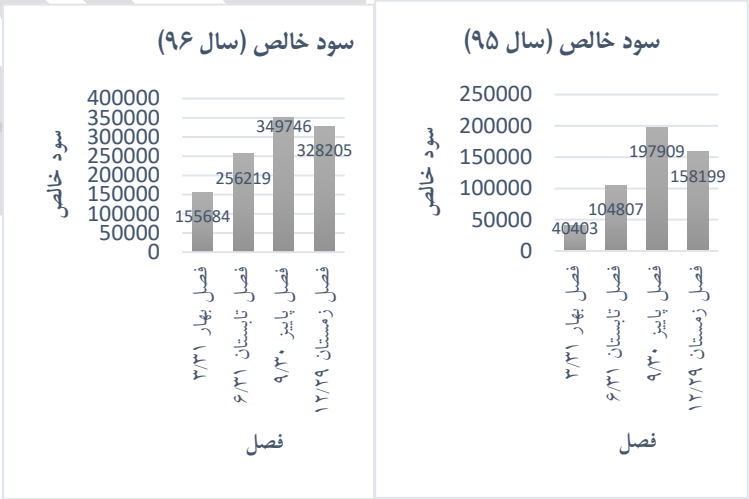
۴-۱-سود عملیاتی

سود عملیاتی بیانگر یک نسبت سودآوری است که درصد سود یک شرکت از عملیات خود، قبل از کسر از مالیات و هزینه‌های بهره را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر اختلاف بین درآمدهای عملیاتی و هزینه‌های عملیاتی، بیانگر سود عملیاتی است [۴۰]. درآمدهای عملیاتی یک شرکت به درآمدهایی گفته می‌شود که شرکت از طریق انجام عملیات اصلی خود کسب می‌کند.

شکل (۵): پیش پردازش اولیه داده های سود عملیاتی در سال های ۹۵-۹۸

۲-۴- سود خالص

سود خالص به میزان سود باقیمانده یک شرکت اطلاق می‌شود که پس از کسر مواردی مانند هزینه‌های عملیاتی، برآیند و مالیات و بهای کالای فروخته شده از مجموع درآمدها در طول یک روز حسابرسی عاید شرکت می‌شود. سود خالص به عبارت دیگر بیانگر سوده بودن یا ضرر بودن یک شرکت است [۴۰].

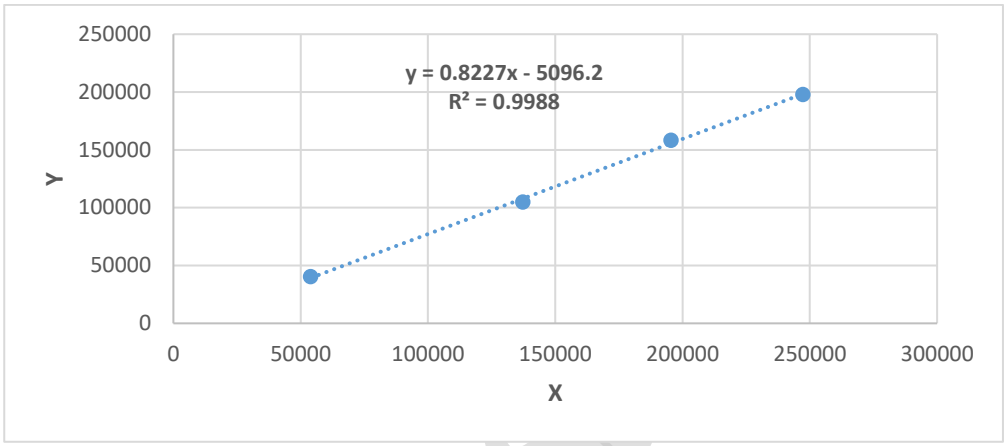


شکل (۶): پیش پردازش اولیه داده های سود خالص در سال های ۹۵-۹۸

به منظور مدل‌سازی سیستم‌ها براساس داده‌های ورودی و خروجی، راهکارهای متفاوتی وجود دارد که یکی از این راهکارها استفاده از شبکه عصبی است. در این حیطه عملکرد شبکه به گونه‌ای است که با داشتن ورودی‌ها و خروجی‌های مربوط به وزن‌های شبکه تنظیم می‌شوند تا خطای شبکه که بر مبنای اختلاف بین خروجی مطلوب و خروجی شبکه می باشد، حداقل شود. به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی از شبکه عصبی پیشنهادی نتایج حاصل بر مبنای پنج فاز برای پنج روش نمودارهای رگرسیونی ارائه شده است. مطابق با شکل (۷)، نمودار حاصل از پردازش سود خالص به سود عملیاتی برای سال ۹۵، معادله‌ی حاصل در حالت کلی برابر با رابطهٔ (۱۲) است.

$$output = 0/8227 * Target - 5096/2$$ رابطهٔ (۱۲)

میزان رگرسیون حاصل از پردازش در حالت کلی برابر با $R^2 = 0/9988$ می‌باشد.

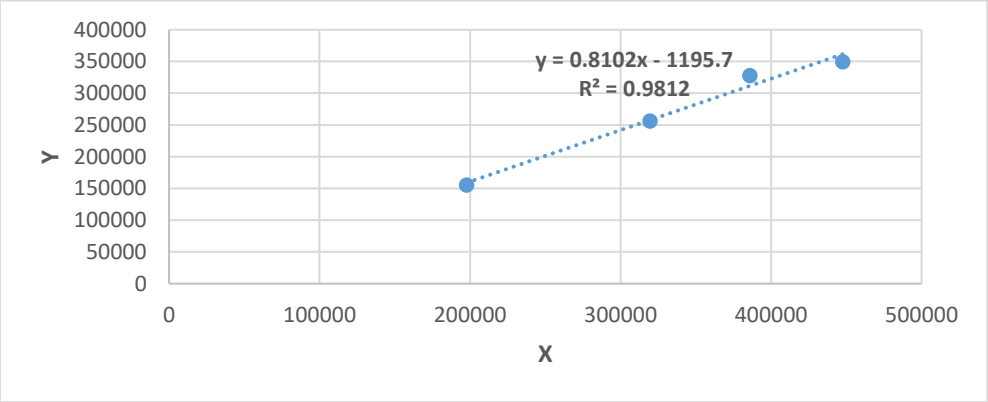


شکل (۷): نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال ۹۵

مطابق با شکل (۸) نمودار حاصل از پردازش سود خالص به سود عملیاتی برای سال ۹۶، معادله‌ی حاصل در حالت کلی برابر با رابطه (۱۳) است.

رابطهٔ (۱۳) $output = 0/8102 * Target - 1195/7$

میزان رگرسیون حاصل از پردازش در حالت کلی برابر با $R^2 = 0/9812$ است.

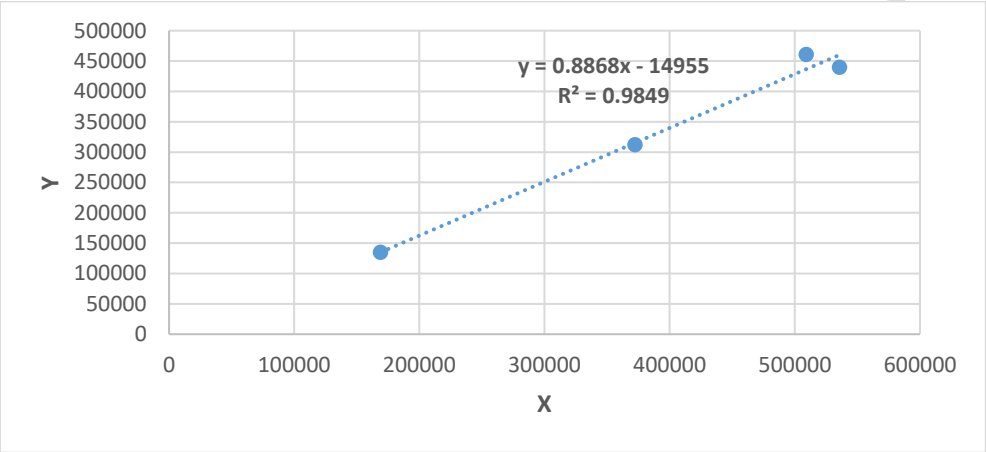


شکل (۸): نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال ۹۶

میزان رگرسیون حاصل از پردازش در حالت کلی برابر با $R^2 = 0/9849$ می‌باشد.

مطابق با شکل (۹) نمودار حاصل از پردازش سود خالص به سود عملیاتی برای سال ۹۷، معادله‌ی حاصل در حالت کلی برابر با رابطه (۱۴) می‌باشد.

$$output = 0/8868 * Target - 14955$$ رابطهٔ (۱۴)

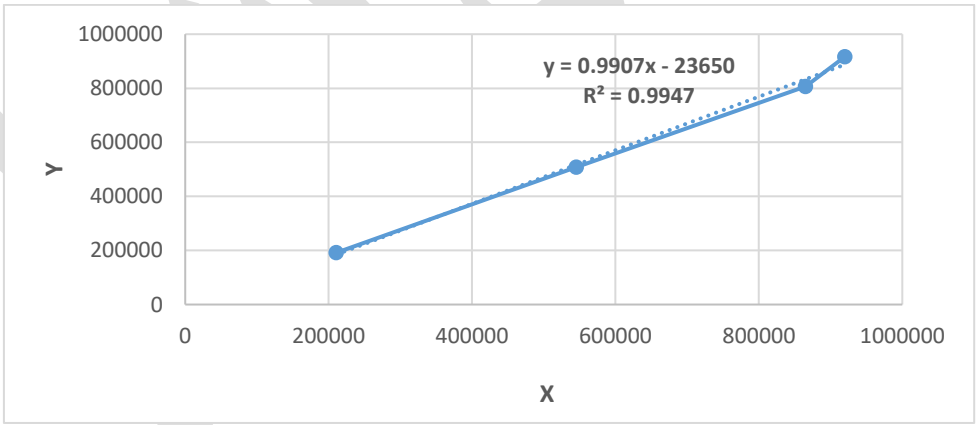


شکل (۹): نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال ۹۷

مطابق با شکل (۱۰) نمودار حاصل از پردازش سود خالص به سود عملیاتی برای سال ۹۸، معادل رابطه (۱۵) است.

$$output = 0/9907 * Target - 23650$$ رابطهٔ (۱۵)

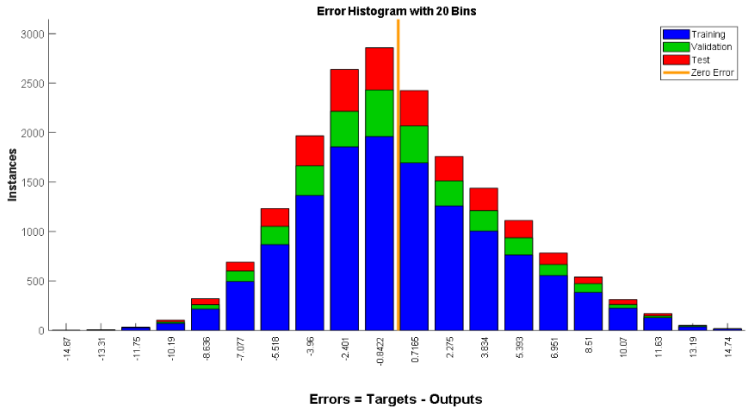
میزان رگرسیون حاصل از پردازش در حالت کلی برابر با $R^2 = 0/9947$ می‌باشد.



شکل (۱۰): نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال 98

۴-۲- خطای هیستوگرام

با توجه به شکل (۱۱) میزان خطای هیستوگرام برای هر سه مرحله یادگیری، اعتبار سنجی و تست نمایش داده شده است. میزان خطا با توجه به خطای صفر، خط زرد در شکل (۱۱) برابر با ۰/۰۰۲۳۷۵ است، که به دلیل نزدیک بودن به صفر از سطح قابل قبولی برخوردار است و به مقدار صفر نمی‌رسد.



شکل (۱۱): میزان خطای هیستوگرام

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در پژوهش منتهی به مقاله حاضر، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته به منظور برنامه‌ریزی برون سپاری لجستیک معکوس در چرخه مونتاژ صنعت خودروسازی بر پایه تابع هدف هزینه‌گرا ارائه شده است. ویژگی‌های لحاظ شده در مدل، تصویری واقعی‌تر از آنچه در واقعیت محیط‌های تولیدی رخ می‌دهد، فراهم نمود. عملکرد مدل پیشنهادی در یافتن راه حل بهینه با عملکرد مدل‌های موجود توسط برخی از معیارهای عملکرد میانگین انحراف و عدم کارایی خط مقایسه شد. بدین منظور، تعدادی مسئله نمونه از ادبیات موضوع انتخاب شده و میزان افزایش کارایی برای دو مرحله قبل و بعد از اجرای پروژه بدست آمد. نتایج آزمون‌های آماری، برتری نسبی مدل پیشنهادی این پژوهش، نسبت به مدل‌های موجود در ادبیات هستند. با توجه به اینکه برتری نسبی مدلسازی ریاضی ارائه شده در این پژوهش نسبت به روش‌های ریاضی موجود در ادبیات موضوع به لحاظ آماری و با استفاده از مثال‌های نمونه مشخص شده است، می‌توان به عنوان زمینه‌ی پژوهش‌های آتی، مدل‌سازی این پژوهش را به عنوان پایه‌ای

مناسب برای توسعه روش‌های ابتکاری یا فراابتکاری برای ابعاد بزرگ‌تر قرار داد و آن مسائل را مدل‌سازی و حل نمود. یا اینکه آن را به صورت چند هدفه توسعه داد. در نظر گرفتن عدم قطعیت در مورد زمان‌های انجام و روابط پی نیاز و یا در نظر گرفتن وزن برای عناصر مختلف توابع هدف نیز می‌تواند زمینه‌های جالبی برای پژوهش‌های آتی باشد. با توجه به وزن محاسبه شده معیارها در مسائل بالانس خطوط مونتاژ می‌توان نتیجه گرفت که تیم تصمیم در کنار مسائل تولیدی به مسائل استراتژیک توجه خاصی دارند، زیرا همانطور که می‌دانیم نرخ تولید خط که معکوس زمان سیکل تولید می‌باشد، در درازمدت بر سهم بازار شرکت تاثیر می‌گذارد و موجب افزایش سهم شرکت در بازار مربوطه می‌شود .در نتیجه مدیران، بیشتر برروی استراتژی‌های بلند مدت این شرکت تمرکز کرده‌اند. این نقطه نظر، ممکن است به این دلیل باشد که در برنامه مدیر و همکاران، جهت طراحی خط به این گونه است که ابتدا فعالیت‌ها را با اعمال محدودیت‌های پیش‌نیازی (دستورات فنی انجام وظایف) به ایستگاه‌های کاری اختصاص می‌دهند سپس درباره تجهیزاتی که باید به ایستگاه‌های کاری اختصاص داده شوند، تصمیم گرفته می‌شود. پس از نصب و راه اندازی تجهیزات انتخاب شده، مطالعات جهت رسیدن به میزان تولیدی که باید تقاضا مورد انتظار را برآورده سازد، شروع می‌شود. با این حال، ممکن است هفت ماه برای پیدا کردن طرح بهینه خط به طول انجامد و یا در بدترین حالت، ممکن است هرگز طرحی که بتواند بدون استفاده از اضاف کاری میزان تقاضا مورد انتظار را برآورده کند پیدان شود. نتایج پژوهش، در مقایسه با پژوهش‌های دیگر، نشان می‌دهد که میزان رگرسیون و خطا در تجزیه و تحلیل تابع هدف بهبود می‌یابد. میزان رگرسیون بدست آمده در پژوهش میشرا و همکاران در سال ۲۰۲۱ [۱۶] برابر با ۰/۷۴ و در پژوهش زربخش‌نیا و همکاران در سال ۲۰۲۰ [۳۰] برابر با ۰/۸۹ است. در رابطه با محدودیت‌های بازهٔ مورد مطالعه نتیجه‌گیری می‌توانست جامع‌تر باشد که به لحاظ محدودیت زمانی امکان انجام این کار میسر نشد. همچنین در راستای پژوهش‌های آتی، می‌توان مدل‌سازی این تحقیق را به عنوان پایه‌ای مناسب جهت توسعه روش‌های ابتکاری یا فراابتکاری برای ابعاد بزرگتر قرار داده و آن مسائل را مدلسازی و حل نمود. در نظر گرفتن عدم قطعیت در مورد زمان‌های انجام فعالیت و یا در نظر گرفتن وزن برای عناصر مختلف توابع هدف نیز می‌تواند زمینه‌های جالبی برای پژوهش‌های آتی باشد. از سوی دیگر لحاظ کردن محصولات متنوع در چرخه تولید با بازهٔ زمانی متفاوت از جمله موضوعاتی دیگری است که می‌تواند مدل‌سازی را پیچیده‌تر کند.

۶- منابع

1. Alkahtani, M., Ziout, A., Salah, B., Alatefi, M., Abd Elatty, E., & Abd Elgawad, A. (2021). An Insight into Reverse Logistics with a Focus on Collection Systems. Sustainability, 8, 1-21.
2. Arunodaya,R. M., Pratibha, R., & Kiran, P. (2021). Fermatean fuzzy CRITIC-EDAS approach for the selection of sustainable third-party reverse logistics providers using improved generalized score function. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, l9, 1-17.
3. Bazargan, A., Ghasemi, R., Eftekhar Ardebili, M., & Zarei, M. (2017). The relationship between 'higher education and training'and 'business sophistication'. Iranian Economic Review, 21(2), 319-341.
4. Chia-Nan, W., Thanh-Tuan, D., & Ngoc-Ai-Thy, N. (2021). Outsourcing Reverse Logistics for E-Commerce Retailers: A Two-Stage Fuzzy Optimization Approach. Axioms, 10, 1-22.
5. Christos I. P. (2021). Measuring and eliminating the bullwhip in closed loop supply chains using control theory and Internet of Things. Annals of Operations Research, 7, 1-18.
6. Cortés, P., Pascual, A., & Valero, F. (2017). Identification of reverse logistics decision types from mathematical models. Journal of Industrial Engineering and Management, 2, 1-12.
7. Ghasemi, R., Alidoosti, A., Hosnavi, R., & Norouzian Reykandeh, J. (2018). Identifying and prioritizing humanitarian supply chain practices to supply food before an earthquake. Industrial management journal, 10(1), 1-16.
8. Ghasemi, R., Hashemi–Petroudi, S. H., Mahbanooei, B., & Mousavi–Kiasari, Z. (2013). Relationship between Infrastructure and Technological Readiness based on Global Competitiveness Report: a Guidance for Developing Countries.1 st International. In 7th national Conference on Electronic Commerce & Economy ,19-21.
9. Hashemi, S. E. (2021). A fuzzy multi-objective optimization model for a sustainable reverse logistics network design of municioal waste-collecting considering the reduction of emissions. Journal of Cleaner Production, 318, 128-132.
10. Jafarnejad, A., Ghasemi, R., Abdollahi, B., & Esmailzadeh, A. (2013). Relationship between macroeconomic environment and technological readiness: A secondary analysis of countries global

competitiveness. International Journal of Management Perspective, 1(2),1-13.

11. Jamalian, A., Ghadikolaei, A. S., Zarei, M., & Ghasemi, R. (2018). Sustainable supplier selection by way of managing knowledge: a case of the automotive industry. International Journal of Intelligent Enterprise, 5(1-2), 125-140.

12. Kamali Mohammadzadeh, A., Ghafoori, S., Mohammadian, A., Mohammadkazemi, R., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2018). A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran. Technology in Society, 53, 124-134.

13. Kim, S.T., Lee, HH. & Hwang, T. (2020). Logistics integration in the supply chain: a resource dependence theory perspective. International Journal of Quality Innovation, 6(5), 1-14.

14. Mardani, A., Kannan, D., & Hooker, R. (2019). Evaluating of Green and Suatainable Supply Chain Management Using Application of Structural Equation Modelling. Journal of Cleaner Production, 15, 1-19.

15. Marta Starostka , P. (2021). The use of information systems to support the managenet of reverse logistics processes. Intellient Information and Engineering System, 2586-2595.

16. Mishra, A.R., Rani, P. & Pandey, K. (2021). Fermatean fuzzy CRITIC EDAS approach for the selection of sustainable third party reverse logistics providers using improved generalized score function. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 13, 295-311.

17. Mohaghar, A., Ghasemi, R., Abdullahi, B., Esfandi, N., & Jamalian, A. (2011). Canonical correlation analysis between supply chain relationship quality and cooperative strategy: a case study in the Iranian automotive industry. European Journal of Social Sciences, 26(1), 132-145.

18. Mohaghar, A., Mahbanooei, B., Behnam, M., & Khavari, Z. (2018). Analyzing OECD's Labor Market Efficiency in 2018. Economic and Social Development: Book of Proceedings, 341-353.

19. Mohaghar, A., Sadeghi Moghadam, M. R., Ghourchi Beigi, R., & Ghasemi, R. (2021). IoT-based services in banking industry using a business continuity management approach. Journal of Information Technology Management, 13(4), 16-38.

20. Motevalli Haghighi, S., Torabi, S. A., & Ghasemi, R. (2016). An integrated approach for performance evaluation in sustainable supply chain networks (with a case study). Journal of cleaner production, 137, 579-597.

21. Nasrollahi, M., Ghadikolaei, A. S., Ghasemi, R., Sheykhizadeh, M., & Abdi, M. (2022). Identification and prioritization of

connected vehicle technologies for sustainable development in Iran. Technology in Society, 68, 101829.

22. Olumide, E. O., Swapnil, B., Fabio, S., Jan, O. S. (2021). Designing and developing smart production planning and control systems in the industry 4.0 era: a methodology and case study. Journal of Intelligent Manufacturing, 3, 1-8.

23. Papanagnou, C., I. (2021). Measuring and eliminating the bullwhip in closed loop supply chains using control theory and Internet of Things. Annals of Operations Research, 310, 153-170.

24. Rastegar, A. A., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2012). Canonical correlation analysis between technological readiness and labor market efficiency: A secondary analysis of countries global competitiveness in 2011–2012. In 13th International Conference on Econometrics, Operations Research and Statistics, 24-26.

25. Razavi, S. M., Abdi, M., Amirnequiee, S., & Ghasemi, R. (2016). The impact of supply chain relationship quality and cooperative strategy on strategic purchasing. Journal of Logistics Management, 5(1), 6-15.

26. Riaz, M., Farid, H.M.A., Aslam, M., Pamucar, D., & Bozanic, D. (2021). Novel Approach for Third-Party Reverse Logistic Provider Selection Process under Linear Diophantine Fuzzy Prioritized Aggregation Operators. Symmetry , 13, 1152

27. Sichao, L., Geng, Zh., & Lihui, W. (2018). IoT-enabled Dynamic Optimisation for Sustainable Reverse Logistics. Procedia CIRP, 1-10.

28. Mohammadreza Taghizadeh Yazdi, Ehsan Salmani Zarchi, (2018), Presenting a multi-objective model of a multi-level, multi-product green closed-loop supply chain with a classical weighted sum approach: Proto Front production (Study case: Shahpar Mumtaz Shoe Company), Industrial management perspective, 36, 107-137. [In Persian]

29. Starostka Patyak, M. (2021). The use of information systems to support the managenet of reverse logistics processes. Procedia Computer Science, 192, 2586-2595.

30. Zadtootaghaj, P., Mohammadian, A., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2019). Internet of Things: A Survey for the Individuals' E-Health Applications. Journal of Information Technology Management, 11(1), 102-129.

31. Zarbakhshnia, N., Wu, Y., Govindan, K., & Soleimani, H. (2020). A novel hybrid multiple attribute decision-making approach for outsourcing sustainable reverse logistics. Journal of Cleaner Production, 242, 1-11.

32. Zarei, M., Jamalian, A., & Ghasemi, R. (2017). Industrial guidelines for stimulating entrepreneurship with the internet of things. In The Internet of Things in the Modern Business Environment ,147-166.

33. Zarei, M., Mohammadian, A., & Ghasemi, R. (2016). Internet of things in industries: A survey for sustainable development. International Journal of Innovation and Sustainable Development, 10(4), 419-442.

34. Zhang, S., & Zhao, X. (2015). Fuzzy Robust Control for an Uncertain Switched Dual-Channel Closed-Loop Supply Chain Model. IEEE Transaction on Fuzzy System, 23(3), 1-19.

35. Zhang, X., Li, Z., & Wang, Y. (2020). A Review of the Criteria and Methods of Reverse Logistics Supplier Selection. Processes, 2, 1-17.

36. Igor Škrjanc, Jose Antonio Iglesias, Araceli Sanchis, Daniel Leite, Edwin Lughofer, Fernando Gomide, (2019), Evolving fuzzy and neuro-fuzzy approaches in clustering, regression, identification, and classification: A Survey, Information Sciences, 490, 344-368.

37. Mohammadreza Sadeghi Moghadam, Seyyed Jalaladdin Hosseini Dehshiri, Fatemeh Zahra Rajabi Kafshgar, Seyyed Saba Sinaei, Industrial Management Perspective, 11, 215-242.[In Persian]

38. Fereshteh Tavan, Seyed Mojtaba Sajadi, Farzad Movahedi Sobhani, Amir Azizi, (2023), A Model of Simulation-Data Envelopment Analysis in Network Failure Manufacturing Systems Considering Reliability Centered Maintenance and Return of Defective Items, Industrial Management Perspective, 13, 119-157. [In Persian]

39. Hadi Gholizadeh, Mark Goh, Hamed Fazlollahtabar, Zakie Mamashli, (2022), Modelling uncertainty in sustainable-green integrated reverse logistics network using metaheuristics optimization, Computers & Industrial Engineering, 163, 107-118.

40. Li Li Eng, Thanyaluk Vichitsarawong, (2022), Comparing the usefulness of two profit subtotals: Operating income and earnings before interest and taxes, Finance Research Letters, 47, 103-115.

Reverse Logistics Outsourcing Planning Model Based on Intuitive Fuzzy Analysis Considering Artificial Intelligence Methods (Case Study: Saipa Company)

Ali Mohaghar
Professor, University of Tehran
(Corresponding author: amohaghar@ut.ac.ir)

Taha Mansouri
Assistant Professor, University of Salford

Sanaz Haddadi
PhD student, Kish International Campus of Tehran University

Abstract

The present study presented the reverse logistics outsourcing planning model in the assembly cycle of the automotive industry based on the cost-oriented objective function. Based on the knowledge of the identified dimensions and components of the reverse logistics outsourcing process based on logistics 4.0 and by studying the literature of the research and presenting a proposed method based on the intuitive fuzzy model and artificial intelligence, taking measures to measure and comprehensively evaluate The amount of outsourcing considered in the logistics model is based on the intended statistical population. The subject area of the research is the presentation of the reverse logistics supply network model based on artificial intelligence methods in the context of the Internet of Things and in the automotive industry. Therefore, the subject area of the research is focused on the assembly cycle of production lines in general and with the priority of high-volume car manufacturers (light driving). As a result of this article, a mixed integer programming model has been presented in order to plan reverse logistics outsourcing in the assembly cycle of the automotive industry based on cost-oriented objective function.The geographical scope of the research in the supply chain of Saipa Automotive Industrial Group includes Ryan Saipa Leasing Group. The time domain of the research is in a specific period from 1389 to 1398.

The variables include non-commercial receivables, total assets, operating profit, net profit and market value, which are evaluated through the published statistics of Saipa Company. The degree of data convergence in the regression chart of sales (operating income) to operating profit based on the conceptual model in 2018 is equal to 0.9895 and the regression chart of net profit to operating profit in 2019 based on the considered conceptual model is equal to 0.9961.

Keywords: reverse logistics, outsourcing; intuitive fuzzy network; artificial neural network; operating profit.