



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

Ali Mohaghar* 
Taha Mansouri** 
Sanaz Haddadi*** 

Extended Abstract

Introduction and objectives: Sustainable development is defined as development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It encompasses economic, social, and environmental dimensions that must be considered simultaneously. With the increasing importance of sustainable development, many companies worldwide are motivated, either proactively or reactively, to collect their used products. In such circumstances, establishing a reverse logistics network based on sustainable development is essential. The decision to outsource logistics has gained significance due to the need to avoid fixed costs, heavy investment, and achieve economic advantages, with many companies recognizing the potential benefits of high-quality logistics services.

Method: This research presents a mixed integer programming model for planning reverse logistics outsourcing in the assembly cycle of the automotive industry, focusing on a cost-oriented objective function. The research scope includes the assembly cycle of production lines, specifically prioritizing high-volume car manufacturers (light vehicles), and focuses on the Saipa Automotive Industrial Group, including the Ryan Saipa Leasing Group. The research period spans from 1389 to 1398 in the Iranian calendar. Variables such as non-commercial receivables, total assets, operating profit, net profit, and market value were evaluated using MATLAB software based on published statistics from Saipa.

Received: Aug. 25, 2023; Revised: Sep. 19, 2023; Accepted: Nov. 07, 2023; Published Online: Nov. 15, 2024.

* Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.

Corresponding author: amohaghar@ut.ac.ir

** Assistant Professor, Faculty of Basic Sciences, Engineering and Environment, University of Salford, Manchester, England.

*** Ph.D. Student, Department of Industrial Management, Kish International Campus of Tehran University, Kish, Iran.



Findings: The research findings indicate that among the variables of non-commercial receivables, total assets, operating profit, net profit, and market value, net profit to operating profit and sales (operating income) are of significant importance. The highest amount of non-commercial receivables for Saipa occurred in 1398 during the summer, while the highest total assets were recorded in 1392 during the summer. The highest operating profit was observed in 1398 during the winter, and the highest net profit was in 1390 during the spring. The degree of data convergence was calculated in the regression charts of sales (operating income) to operating profit and net profit to operating profit for the years 1389-1398. The degree of data convergence in the regression chart of sales to operating profit based on the conceptual model in 1398 was 0.9895, and for net profit to operating profit in 1398, it was 0.9961. The regression rate for the conceptual model in the test phase was 0.79, and in the overall processing stage, it was also 0.79. The histogram error rate was calculated for all three stages of learning, validation, and testing, with an error rate of 0.002375, which is acceptable due to its proximity to zero. Comparing these results with other studies shows an improvement in the regression and error rate in the analysis of the objective function.

Conclusion: Based on the calculated weight of the criteria in two-way assembly line balancing issues, it can be concluded that the decision team pays special attention to strategic issues in addition to production issues. The production rate of the line, which is the inverse of the production cycle time, affects the company's market share in the long term and increases its market share.

Keywords: Sustainable Development; Mixed Integer Programming; Artificial Neural Network; Operating Profit; Saipa Company.

How to Cite: Mohaghar, Ali; Mansouri, Taha; Haddadi, Sanaz (2024). Reverse Logistics Outsourcing Planning Model Based on Intuitive Fuzzy Analysis Considering Artificial Intelligence Methods (Case Study: Saipa Company). *Ind. Manag. Persp.*, 14(2), 136-153 (In Persian).



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

علی محقر* ID

طاها منصوری** ID

ساناز حدادی*** ID

چکیده گسترده

مقدمه و اهداف: توسعه پایدار، توسعه‌ای است که نیازهای نسل حاضر را تأمین می‌کند؛ بدون اینکه در پاسخگویی نیازهای نسل آینده خللی ایجاد کند. توسعه پایدار دارای سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است که باید به‌صورت 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 می‌کنند. 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، سرمایه‌گذاری سنگین و دستیابی به مزیت اقتصادی، بسیار اهمیت یافته است و شرکت‌های بسیاری مزایای بالقوه را که از خدمات لجستیکی باکیفیت حاصل می‌شود، دریافته‌اند.

روش: در پژوهش حاضر، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته به‌منظور برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس در چرخه مونتاژ صنعت خودروسازی بر پایه تابع هدف هزینه‌گرا ارائه شده است. قلمرو موضوعی پژوهش متمرکز بر چرخه مونتاژ خطوط تولید به‌صورت عام و با اولویت خودروسازان پرتیراژ (سواری سبک) است که شامل گروه صنعتی خودروسازی سایپا شامل گروه لیزینگ رایان سایپا است. قلمرو زمانی پژوهش، یک بازه 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 منتشرشده «شرکت سایپا» با استفاده از نرم‌افزار متلب ارزیابی می‌شوند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۶، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴.

* استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: amohaghar@ut.ac.ir

** استادیار، دانشکده علوم پایه، مهندسی و محیط زیست، دانشگاه سالفورد، منچستر، انگلستان.

*** دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، پردیس بین‌المللی کیش دانشگاه تهران، کیش، ایران.

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که از میان متغیرهای دریافتی‌های غیرتجاری، جمع کل دارایی‌ها، سود عملیاتی، سود خالص و ارزش بازار، سود خالص به سود عملیاتی و فروش (درآمدهای عملیاتی) از اهمیت بالایی برخوردار هستند. بیشترین میزان دریافتی‌های غیرتجاری برای شرکت خودروسازی سایپا در بازه زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ در سال ۱۳۹۸ و در فصل تابستان است و برای کل دارایی‌ها برای سال ۱۳۹۲ و فصل تابستان است؛ همچنین بیشترین میزان سود عملیاتی برای سال ۱۳۹۸ و فصل زمستان و برای سود خالص برای سال ۱۳۹۰ و فصل بهار است. میزان همگرایی داده‌ها در نمودار رگرسیونی فروش (درآمدهای عملیاتی) به سود عملیاتی و سود خالص به سود عملیاتی برای سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۸ محاسبه شد. 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. میزان رگرسیون برای مدل مفهومی در مرحله آزمون برابر با ۰/۷۹ به دست آمد. میزان رگرسیون حاصل از پردازش در مرحله کلی برابر با ۰/۷۹ حاصل شد. میزان خطای هیستوگرام برای هر سه مرحله یادگیری، اعتبارسنجی و آزمون محاسبه شد. این میزان خطا با توجه به خطای صفر، برابر با ۰/۰۲۳۷۵ است که به دلیل نزدیک بودن به صفر از سطح قابل قبولی برخوردار است و به مقدار صفر نمی‌رسد و در مقایسه با نتایج پژوهش‌های دیگر نشان‌دهنده بهبود میزان رگرسیون و خطا در تجزیه و تحلیل تابع هدف است.

نتیجه‌گیری: با توجه به وزن محاسبه شده معیارها در مسائل بالانس خطوط مونتاژ دوطرفه می‌توان نتیجه گرفت که گروه تصمیم در کنار مسائل تولیدی به مسائل استراتژیک توجه خاصی دارند؛ زیرا نرخ تولید خط که معکوس زمان چرخه تولید است، در درآمدت بر سهم بازار شرکت تأثیر می‌گذارد و موجب افزایش سهم شرکت در بازار می‌شود.

کلیدواژه‌ها: توسعه پایدار؛ برنامه‌ریزی صحیح آمیخته؛ شبکه عصبی مصنوعی؛ سود عملیاتی؛ شرکت سایپا.

استناددهی: محقر، علی؛ منصور، طاها؛ حدادی، ساناز (۱۴۰۳). مدل برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس بر پایه تحلیل فازی شهودی با در نظر گرفتن روش‌های هوش مصنوعی (مورد مطالعه: شرکت سایپا). چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴(۲)، ۱۳۶-۱۵۳.



۱. مقدمه

امروزه شرکت‌ها در رقابت با یکدیگر نیستند، بلکه زنجیره‌های تأمین آن‌ها با هم رقابت می‌کنند [۲۷، ۹]. در زنجیره تأمین جریان مواد، اطلاعات و ارتباطات در میان بازیگران مختلف که شامل تأمین‌کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده، عمده‌فروش، خرده‌فروش و مشتری نهایی هستند، در جریان است. ایجاد هماهنگی و یکپارچگی برای مدیریت این زنجیره در راستای کسب رضایت مشتری و رقابت بهتر ضرورت دارد [۱۳]. ایجاد هماهنگی و یکپارچگی موجب بهینه‌سازی عملکرد زنجیره در بهبود کیفیت، تحویل به‌موقع، انعطاف‌پذیری بیشتر و مقرون‌به‌صرفه‌تر شدن هزینه می‌شود [۱۹].

مسئله جهانی شدن موجب افزایش رقابت‌پذیری در صنایع کشورها، افزایش مقررات زیست‌محیطی، فشار و خواسته‌های مشتریان در زمینه مسائل زیست‌محیطی شده که به دغدغه‌ای اساسی برای شرکت‌ها تبدیل شده است [۲۶، ۱۲، ۸، ۳، ۲۰]. در بسیاری از سازمان‌ها ویژگی‌هایی همچون میزان کیفیت محصول، قیمت رقابتی، تحویل به‌موقع و نواقص پایین، زمان چرخه سفارش پایدار به‌عنوان بهای ورود به عرصه رقابتی در دنیای اقتصاد شناخته می‌شوند [۳۸]. این امر زمانی اهمیت می‌یابد که بر پایه آن اطلاعات مزیت رقابتی برای سازمان ایجاد شود و سازمان به اهداف و چشم‌اندازهای خود دست یابد. در این زمینه تعدادی از رقبا در برخی ویژگی‌های مهم لجستیکی به تعادل رسیده‌اند و این ویژگی‌ها به استانداردهای ارائه‌شده این سازمان‌ها و نیازهای اساسی مشتریان تبدیل شده است. سازمان‌هایی که در زمینه این خصوصیات به استانداردهای لازم دست نمی‌یابند، حتی در تصمیمات خرید و یا برون‌سپاری نیز دچار مشکل هستند [۳۸].

لجستیک معکوس^۱ (RL) را می‌توان به‌عنوان یکی از ویژگی‌های کلیدی هر شرکت در نظر گرفت که بر تصمیمات خرید مشتریان در محیط رقابتی تأثیر می‌گذارد. در مطالعات مختلف تعاریف مختلفی از لجستیک معکوس ارائه شده است که برخی از آن‌ها به شرح زیر هستند:

- لجستیک معکوس به‌عنوان فرآیند برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی و کنترل کارا و مؤثر جریان مواد خام، مواد نیمه‌ساخته‌شده، محصولات تمام‌شده و اطلاعات آن‌ها، از نقطه مصرف به نقطه مبدأ با هدف خلق ارزش و یا دفع مناسب است [۱۴].

- 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 [۲۷]. لجستیک معکوس را می‌توان لجستیک مرتبط با کالاهای عودتی یا کالاهای برگشتی دانست. به‌طور کلی لجستیک معکوس را می‌توان این‌گونه بیان کرد: انتقال دقیق، به‌موقع و درست مواد، اقلام و کالاهای قابل‌استفاده و غیرقابل‌استفاده از انتهای‌ترین نقطه و آخرین مصرف‌کننده از طریق زنجیره تأمین به واحد مناسب؛ به‌عبارت‌دیگر لجستیک معکوس فرآیند حرکت و انتقال برای کالاها و تولیداتی است که زنجیره تأمین آن‌ها دارای قابلیت بازگشت هستند [۱۸].

در سال‌های اخیر پیشرفت تجارت الکترونیکی باعث رشد چشمگیر لجستیک معکوس شده است [۲۹]. بر پایه آمار منتشره، میزان فروش تجارت الکترونیک در ایالات‌متحده 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 صناعت‌ها به‌کارگیری لجستیک معکوس بر مبنای برنامه‌ریزی استراتژیک صورت گرفته است. اگرچه این عوامل مبتنی بر عوامل کوتاه‌مدت هستند، با این حال پوشش اصلی اهداف در نظر گرفته‌شده 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 بازیابی‌شده، تعیین مسیرهای لجستیکی بهینه و انتخاب بهترین جایگزین بر اساس اقدامات تاکتیکی و عملیاتی در کوتاه‌مدت [۱۶]؛ اما مسئله اصلی در این حالت در نظر گرفتن معیارهایی نظیر کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری است. از آنجاکه در دنیای کنونی فشارهای اقتصادی زیادی بر بسیاری از صنایع برای کاهش قیمت‌ها و افزایش رقابت‌پذیری وجود دارد، صنایع ناچار هستند راه‌هایی برای دست‌یافتن به معیارهای موردنظر بیابند. یکی از راه‌های نیل به این هدف، برون‌سپاری بخشی از خدمات و یا کل امور لجستیکی به شرکت‌های خدمات لجستیک طرف سوم^۲ (P3PRLP) است و از آنجاکه هزینه‌های لجستیکی همواره بخش مهمی از قیمت نهایی محصول هستند، محاسبه هزینه‌های لجستیک^۳ و تلاش در جهت کاهش آن از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

1. Reverse Logistics
2. Third Party Logistics (3PL) Service Provider
3. Logistics costs

برون‌سپاری می‌تواند موجب کارایی و کیفیت بیشتر یا هزینه کمتر شود. در بحث شبکه‌های تولید، مونتاژ و بازیافت نیز که به‌نوعی از شبکه‌های لجستیک هستند، تاکنون تحقیقات زیادی در حوزه برون‌سپاری صورت گرفته است که می‌توان آن‌ها را به سه دسته تقسیم‌بندی کرد: ۱. کمینه‌کردن هزینه‌ها؛ ۲. کمینه‌کردن هزینه‌ها و آثار نامطلوب اقتصادی و زیست‌محیطی و ۳. کمینه‌کردن هزینه‌ها و آثار مطلوب اقتصادی و زیست‌محیطی. در این پژوهش، مدل ریاضی بر مبنای رویکرد فازی شهودی و روش‌های هوش مصنوعی در جامعه آماری بیان شده و مدل مفهومی برای برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس ارائه شده است. مدل مفهومی بر پایه شاخص‌ها و معیارهای مؤثر در فرآیند برنامه‌ریزی چرخه مونتاژ خطوط تولید در صنعت خودرو است که هدف آن کاهش هزینه‌ها، استفاده بهینه از منابع و بهبود بهره‌وری است. در این رابطه در پژوهش حاضر به ارزیابی مسائل و سؤال‌های زیر ارزیابی می‌شود:

- مدل برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس بر اساس 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 به‌کارگیری عدم قطعیت مبتنی بر فازی شهودی به چه میزان است؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

عوامل مؤثر در فرآیند برون‌سپاری لجستیک معکوس در مطالعات بسیاری مورد توجه قرار گرفته است که هدف آن‌ها بهینه‌سازی معیارهایی نظیر هزینه و افزایش کیفیت است. خلاصه‌ای از این پژوهش‌ها در ادامه ارائه شده است: الکهتانی و همکاران^۱ (۲۰۲۱)، به ارزیابی مدل پیش‌بینی لجستیک معکوس با تمرکز بر سیستم‌های جمع‌آوری داده، پرداختند. آنچه در این پژوهش ارزیابی شد، توسعه پایدار شامل مفهوم‌های بسیاری نظیر لجستیک معکوس^۲ (RLs) و زنجیره تأمین حلقه‌بسته است که موجب تشویق پایداری در زنجیره تأمین می‌شود [۲۸]. هدف اصلی این پژوهش پیش‌بینی عملکرد RL و همچنین طبقه‌بندی پژوهش‌ها بر اساس معیارهای عملکرد RL است. معیارهای عملکرد RL در نظر گرفته شده در بسیاری از پژوهش‌ها، از جمله چریستس و همکاران^۳ (۲۰۲۱)، کیم و همکاران^۴ (۲۰۲۰)، ریاض و همکاران^۵ (۲۰۲۱) و زربخش نیا و همکاران (۲۰۲۰)، شامل موارد زیر است (این معیارها همراه با نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی آن‌ها بیان شده‌اند):

- جنبه‌های اقتصادی؟

الف) بهینه‌سازی هزینه‌های لجستیک^۶: پیشنهاد طراحی و پیاده‌سازی کانال بازیابی اطلاعات مبتنی بر سیگنال‌های رادیویی RFID^۸، با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های لجستیک؛

ب) سود با بهره‌وری بازیابی^۹: در نظر گرفتن معیار کیفیت محصول بازسازی شده مبتنی بر فرآیند لجستیک معکوس. در صورتی که کیفیت محصول برگشتی به اندازه کافی خوب باشد، بازده بازیافت قطعات با مواد اولیه مفید بالاتر است. بالا رفتن کیفیت بر معیار حمل‌ونقل نیز تأثیر می‌گذارد و موجب کاهش هزینه‌های سوخت و حمل‌ونقل می‌شود؛

پ) سود کانال^{۱۰}: سود به‌دست‌آمده توسط جمع‌کننده مواد اولیه و یا سازنده بیان شده است. نتایج حاصل از ارزیابی نشان می‌دهد که کاهش میزان سود کارخانه‌های تولیدکننده، هیچ تأثیری بر قیمت خرده‌فروشی / عمده‌فروشی 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 (کارخانه‌ها و شرکت‌های تولیدی) به شدت افزایش می‌یابد.

1. Alkahtani, et al.
 2. Reverse logistics
 3. Christos, et al.
 4. Kim, et al.
 5. Riaz, et al.
 6. Economical Aspects
 7. Logistics Cost Optimization
 8. Radio-frequency
 9. Profit by Recovery Efficiency
 10. Channel Profit

- جنبه‌های زیست‌محیطی^۱: جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی را می‌توان هزینه‌های ناشی از دورریختن محصولات برگشتی که نمی‌توانند دوباره تولید و یا بازیافت شوند، بیان کرد. هرچقدر میزان این هزینه‌ها کمتر باشد، چرخه ایجادشده از بازه بالاتری برخوردار است. این عمل را می‌توان با زمان‌بندی وظایف در چرخه تولید و مونتاژ محصولات در نظر گرفت.

- جنبه‌های اجتماعی^۲: جنبه‌های اجتماعی نمایانگر 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^۳: جنبه‌های عملیاتی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری مستقیم و بازیابی، حمل‌ونقل، بازرسی، ارتقا کیفیت محصول (تولید مجدد) و هزینه دفع را شامل می‌شود. در این رویکرد پارامترهای عدم‌قطعیت بررسی نشده است.

اولیاسلا و همکاران^۴ (۲۰۲۱)، پژوهشی با عنوان «طراحی و توسعه سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل تولید هوشمند بر مبنای سیستم‌های اجرایی تولید^۵ (MES) و سیستم‌های برنامه‌ریزی فعلی و برنامه‌ریزی پیشین^۶ (APS)» انجام دادند. روش پیشنهادی بر پایه مطالعات موردی در یک شرکت تولیدی شیرینی و تنقلات (در چرخه تولید) بود. برنامه‌ریزی و کنترل تولید^۷ (PPC) بر پایه فعالیت‌های بارگیری، زمان‌بندی، ترتیب‌بندی، نظارت و کنترل استفاده از منابع و مواد در طول تولید است. در این روش اتصال سیستم‌ها بر پای اینترنت اشیا است و حسگر^۸ داده‌ها از طریق اتصالات ایمن به یک سرور ذخیره داده ابری، فعالیت می‌کنند.

اینترنت اشیا یکی از مهم‌ترین فناوری‌های نوظهور و تحول‌آفرین است [۳۴] که با اتصال دنیای واقعی، دیجیتال و سایر با کمک حسگرها، دستگاه‌ها و درگاه‌ها به شبکه‌های باسیم یا بی‌سیم در بستر سکواره‌های پشتیبان، کاربردهای متنوعی را با توجه به مسائل امنیتی و حریم خصوصی، در صنایع مختلف ایجاد کرده است [۳۶، ۱۴، ۲۱]. 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 محیط‌زیست (از طریق کاهش آلودگی‌ها، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و غیره) است [۳۷، ۹]. اینترنت اشیا با کاربردهایی که در خودروهای متصل دارد، تأثیرات متنوعی در صنعت خودروسازی برای حرکت به سمت پایداری دارد [۲۳].

روش پیشنهادی ملاحظه‌هایی را ارائه می‌کند که مقیاس‌پذیری و انعطاف‌پذیری را توسط معماری خدمت‌محور و انتخاب الگوریتم‌های برانزده ممکن می‌سازد. در نهایت نیازهای تجاری، برنامه‌ریزی و کنترل تولید کوتاه‌مدت چند معیار رویدادمحور را تضمین می‌کند.

میشرا و همکاران^۹ (۲۰۲۱)، رویکرد CRITIC-EDAS را ارائه کردند که هدف از انتخاب ارائه‌دهندگان، لجستیک معکوس شخص ثالث پایدار است که با استفاده از تابع امتیاز تعمیم‌یافته بهینه مدل عملکرد بهبودیافته نمره تعمیم‌یافته جدید^{۱۰} (IGSF) به اهداف پژوهش دسترسی پیدا می‌کنند. این پژوهش یک روش ترکیبی مبتنی بر CRITIC و EDAS است که ویژگی‌های مجموعه فازی^{۱۱} (FFSs) را برای حل مسئله انتخاب PRLP^۳ بر اساس ویژگی‌ها و وزن تصمیم‌گیری، ارائه می‌دهد. در این چارچوب رویکرد CRITIC برای محاسبه وزن ویژگی و روش EDAS برای ارزیابی ترتیب اولویت‌های PRLP^۳ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که این رویکرد از انعطاف‌پذیری و سازگاری بیشتری با S3PRLP برخوردار است.

ریاض و همکاران^{۱۲} (۲۰۲۱)، رویکرد جدیدی برای فرآیند انتخاب لجستیک معکوس شخص ثالث تحت عملگرهای تجمیع اولویت‌بندی فازی خطی ارائه دادند که از روش عملگرهای تجمیع برای تصمیم‌گیری چندمعیاره^{۱۳} (MCDM) تحت عدم‌قطعیت بهره گرفتند. این مطالعه شامل مراکز خرید خرده‌فروشی بر پایه اپراتورهای تجمیع مانند اپراتورهای اولویت‌دار میانگین وزنی^{۱۴} (LDFPWA) و

1. Environmental Aspects
2. Social Aspects
3. Operational Aspects
4. Oluyisola, et al.
5. Model based on production executive systems
6. A Current planning systems and previous planning
7. primary alcohols and primary amines
8. Sensor
9. Mishra, et al.
10. Improved generalized score function
11. Fermatean fuzzy set
12. Riaz, et al.
13. Multi-Criteria Decision-Making Methods
14. Linear Diophantine Fuzzy prioritized weighted average

هندسی وزنی^۱ (LDFPWG) است. نتایج پژوهش نشان داد که مشکل بهینه‌سازی لجستیک معکوس مبتنی بر کارایی و برتری با استفاده از روش پیشنهادی بود.

وانگ و همکاران^۲ (۲۰۲۱)، پژوهشی با عنوان «برون‌سپاری لجستیک معکوس برای خرده‌فروشان تجارت الکترونیک با استفاده از روش بهینه‌سازی فازی دومرحله‌ای» انجام دادند. آن‌ها از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بهره گرفتند تا با انتخاب PRLP^۳ و یک مطالعه موردی در مورد انتخاب PRLP^۳ در یک تجارت برخط در ویتنام اهداف پژوهش را اجرا کنند. آن‌ها از فرآیند سلسله‌مراتبی فازی^۴ (FAHP) برای اندازه‌گیری اهمیت نسبی معیارها در فرآیند ارزیابی استفاده کردند. در ادامه از تکنیک فازی به منظور ترجیح سفارش مشتری بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل^۵ (FTOPSIS) بهره گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که معیارهایی نظیر زمان تحویل، صدای مشتری، هزینه، تحویل و خدمات و کیفیت، اصلی‌ترین محرک‌ها در انتخاب PLRL^۳ هستند.

هاشمی و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه فازی ارائه دادند. 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 حوزه مدیریت پایدار، هزینه‌ها است و تقاضای مشتری باید به صورت هم‌زمان در نظر گرفته شود. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی فازی، یک مدل چندهدفه در شبکه لجستیک معکوس مبتنی بر مدل جامع طراحی شود. به منظور پوشش تمامی جنبه‌های این سیستم، سعی شده است هزینه ساخت تأسیسات، سوخت خودرو و آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار گازهای آلاینده حداقل شود. به منظور ارزیابی روش پژوهش، یک الگوریتم ژنتیک چندهدفه ویژه (NSGAI) 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 پژوهش نشان داد که در همه موارد، الگوریتم کلونی زنبور عسل^۵ قادر به کشف و استخراج به منظور رسیدن به یک راه‌حل عملی است.

پاتیک و همکاران^۶ (۲۰۲۱)، استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی برای پشتیبانی از مدیریت فرآیندهای لجستیک معکوس را ارزیابی کردند. 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 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 لاج پرداختند. در این پژوهش از رویکرد فازی شهودی به منظور وزن‌دهی و از روش واسپاس فازی شهودی بازه‌ای به منظور اولویت‌بندی راهکارها استفاده شد. نتایج پژوهش نمایانگر اهمیت راهکار مبتنی بر ایجاد، توسعه و سرمایه‌گذاری در فناوری لجستیک معکوس بود.

توان و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی یک 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 به عنوان نوآوری در این پژوهش مدنظر قرار گرفته است، ارزیابی سیستم غیرپایدار با فرض وجود کالاهای فاسدپذیر است که فعالیت‌های نگهداری، تعمیرات پیشگیرانه و اصلاحی را شامل می‌شود.

مطالعه 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 به ساده‌تر شدن معادلات و تابع چندهدفه منجر 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 [۳۳]. در سیستم لجستیک با در نظر گرفتن روش‌های یادگیری ماشین می‌توان پارامترهای عدم قطعیت را کنترل کرد [۱۰].

1. inear Diophantine Fuzzy prioritized weighted geometric

2. Wang, et al.

3. Fuzzy Analytic Hierarchy Process

4. Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

5. Bee algorithm

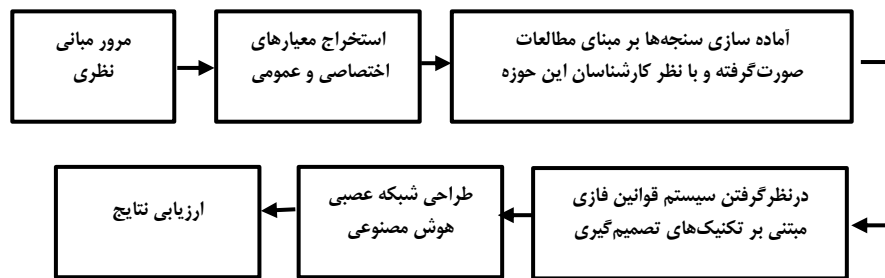
6. Patyak, et al.

جدول ۱. خلاصه‌ای از مقاله‌های ارزیابی شده

پژوهشگر (سال)	روش پژوهش	شکاف پژوهش
اولیاسلا و همکاران، (۲۰۲۱)	برنامه‌ریزی و کنترل تولید	انتخاب الگوریتم به‌منظور رفع نیازهای تجاری و ایجاد راه‌حل برنامه‌ریزی و کنترل کوتاه‌مدت 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 بهینه‌یابی فازی دومرحله‌ای	استفاده از روش فازی بر روی عملگرهای تجمیع و بیان کارایی جزئی مدل
هاشمی و همکاران، (۲۰۲۱)	مدل بهین سازی چندهدفه فازی	مدیریت پایدار هزینه‌ها و تقاضای مشتری در مدل به‌صورت هم‌زمان در نظر گرفته شده است.
صادقی‌مقدم و همکاران، (۲۰۲۱)	روش واسپاس فازی شهودی	استفاده از روش فازی پیشنهادی بر روی مقادیر بازهای و سیستم‌های بزرگ
توان و همکاران، (۲۰۲۳)	تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی سیستم غیرپایدار با فرض وجود کالاهای فسادپذیر و در نظر گرفتن بازه زمانی

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی - پیمایشی است. در این پژوهش یک مدل جامع برای برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس بر پایه تحلیل شبکه فازی شهودی ارائه خواهد شد. در این پژوهش روش‌های هوش مصنوعی در صنعت خودروسازی 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 به‌منظور 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 کردن ویژگی‌های انحصاری صنعت خودرو، نسبت به نهایی کردن مدل و ارزیابی نتایج، مراحل زیر ارائه می‌شود.



شکل ۱. فرآیند اجرایی پژوهش

- مرور مبانی نظری و داده‌کاوی: بر مبنای روش شناسایی سطوح آمادگی فناوری^۱ (TRL) بر اساس مستندات فنی در چرخه مونتاز تولید در صنعت خودرو و گزارش‌های اقتصادی شرکت سایپا.

- در نظر گرفتن قواعد فازی مبتنی بر تکنیک‌های تصمیم‌گیری: این مرحله و مرحله بعد در نرم‌افزار متلب انجام می‌شود. قواعد فازی بر مبنای داده‌کاوی صورت گرفته و به‌منظور تنظیم‌کننده قواعد برای بهینه‌سازی تابع هدف در مسائل استفاده شده است. در این مرحله متغیرهای پژوهش تعریف و محدودیت‌های تولید، محدودیت‌های هزینه و انرژی نیز بیان شده‌اند. هدف از تنظیم قواعد، کمیته‌سازی میزان هزینه و انرژی و بیشینه‌سازی میزان تولید به‌منظور افزایش بازده و بهره‌وری است.

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

با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مناسب و انتخاب صحیح وزن‌ها و توابع فعال‌ساز فرایندهای خطی و غیرخطی قابل‌شبیه‌سازی است. هر شبکه از سه لایه ورودی، میانی یا مخفی و لایه خروجی تشکیل شده است. لایه ورودی وظیفه معرفی پارامترها به شبکه را دارد، 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 می‌یابد و در نهایت به‌سوی نرون خروجی حرکت می‌کند.

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

قلمرو مکانی پژوهش: قلمرو مکانی پژوهش در زنجیره تأمین گروه صنعتی خودروسازی سایپا و زیرمجموعه است. نحوه گردآوری داده‌ها بر مبنای آمارهای فروش گروه صنعتی خودروسازی سایپا در بازه سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ است. به منظور تأیید داده‌های موجود از صاحب‌نظران و کارشناسان مربوطه در این صنعت کمک گرفته شد.

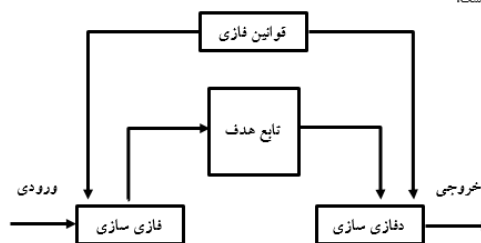
قلمرو زمانی پژوهش: قلمرو زمانی پژوهش در یک بازه مشخص از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۸ است. بازه زمانی موردنظر توسط گروه صنعتی خودروسازی سایپا ارائه شده است.

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 رایانه، روش حل را برای رسیدن به جواب بهینه پیاده‌سازی کرد. با بررسی‌های انجام‌شده در خط، مشخص شد که محدودیت‌های مطالعه شامل محدودیت‌های تقدم و تأخر فعالیت‌ها و محدودیت منابع است که نیروی انسانی و ماشین-آلات را شامل می‌شود. تابع هدف و محدودیت‌ها در معادله ۱، ارائه شده است.

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

در رابطه ۱، 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 است. 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 موردنظر در ایستگاه‌ها نوشته شده و با توجه به الویت‌بندی‌های مشخص شده و تعیین محدوده زمانی برای هر فرد به‌عنوان چرخه تولید، بر تعداد ایستگاه‌های تعیین شده توسط نرم‌افزار تقسیم و به‌عنوان حداکثر زمان آن ایستگاه در نظر گرفته می‌شود. بعد از این مرحله به کمک مدل شبکه عصبی پیشنهادی، بهترین جواب بهینه انتخاب خواهد شد.

روش فازی پیشنهادی: برای روش فازی، مقادیر فازی شده توسط موتور استنتاج مورد پردازش قرار می‌گیرند که 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 زبان‌شناسی با متغیر خروجی مرتبط می‌سازد که هر یک از این متغیرهای زبان‌شناسی توسط مجموعه فازی و اپراتور فازی AND تعریف می‌شوند. شمای از ساختار یک سیستم تصمیم‌گیری فازی به‌طور کلی در شکل ۲، نشان داده شده است.



شکل (۲): ساختار سیستم فازی در الگوریتم به‌کاررفته [۱۸]

سیستم استنتاج خروجی: اطلاعات سرخوشه‌های خروجی از سیستم استنتاج فازی به‌عنوان ماتریس هدف^۱ در نظر گرفته شده است. خوشه‌بندی بر مبنای اطلاعات مالی در بازه یک‌ساله اتفاق می‌افتد. در کنار ماتریس اطلاعات ورودی که به نرم‌افزار فراخوانی می‌شوند، ماتریس ورودی دیگری با عنوان «داده‌های ساده»^۲ وجود دارد که معادلات اولیه سیستم را شبیه‌سازی می‌کند. به‌عبارت‌دیگر ماتریس ورودی شامل اطلاعات اولیه بر مبنای میزان سودآوری چرخه مونتاژ و مقادیر خروجی میزان سودآوری است.

قوانین فازی: قوانین فازی به‌منظور خوشه‌بندی از ۲۷ 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

اگر خوشه‌بندی اطلاعات موجود در سیستم مونتاژ محصول مورد‌ارزیابی فقط در یک دامنه مشخص انجام شود و هدف، خوشه‌بندی دقیقی از خوشه‌بندی یک شبکه مشخص باشد، ساختار مفهومی شباهت بین داده‌ها دارای اهمیت است (ساختار Similarity 1). 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 به‌صورت رابطه ۲، ارائه می‌شود:

$$R = E[L(\theta - \hat{\theta})] \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$(e) = e^2 \rightarrow L(\theta - \hat{\theta}) = (\theta - \hat{\theta})^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

θ مجموعه داده‌های ورودی و $\hat{\theta}$ مجموع داده‌های پیش‌بینی است. با در نظر گرفتن معادله (۳)، مقدار $mse = E[(\theta - \hat{\theta})^2]$ حداقل می‌شود. در صورتی که متغیرها با x نمایش داده شود، خواهیم داشت:

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

$$\widehat{\theta}_{ls} = E(\theta | \underline{x}) \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\widehat{\theta}_{ls} = E(\theta | \underline{x}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \theta f_{\theta}(\theta | \underline{x}) d\theta \quad \text{رابطه (۶)}$$

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

$$f_{\theta}(\theta | \underline{x}) = \frac{f_{\underline{x}}(\underline{x} | \theta) f_{\theta}(\theta)}{f_{\underline{x}}(\underline{x})} = \gamma f_{\underline{x}}(\underline{x} | \theta) f_{\theta}(\theta) \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$\widehat{\theta}_{ls} = \int_{-\infty}^{+\infty} \theta f_{\theta}(\theta | \underline{x}) d\theta = \frac{1}{f_{\underline{x}}(\underline{x})} \int_{-\infty}^{+\infty} \theta f_{\theta}(\theta | \underline{x}) f_{\theta}(\theta) d\theta \quad \text{رابطه (۸)}$$

تابع زیان دیگر در تخمین رگرسیون فازی به‌صورت رابطه ۹، ارائه می‌شود.

$$L(e) = |e| \rightarrow L(\theta - \hat{\theta}) = |\theta - \hat{\theta}|^2 \quad \text{رابطه (۹)}$$

به‌عبارت‌دیگر باید $mae = E(|\theta - \hat{\theta}|^2)$ حداقل شود که به رابطه ۱۰، منجر می‌شود.

$$\widehat{\theta}_{abs} = \text{median}(f_{\theta}(\theta | \underline{x})) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

1. Target
2. Simple input

$$\int_{-\infty}^{\theta_{abs}} f_{\theta}(\theta|\underline{x}) d\theta = \int_{\theta_{abs}}^{+\infty} f_{\theta}(\theta|\underline{x}) d\theta \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

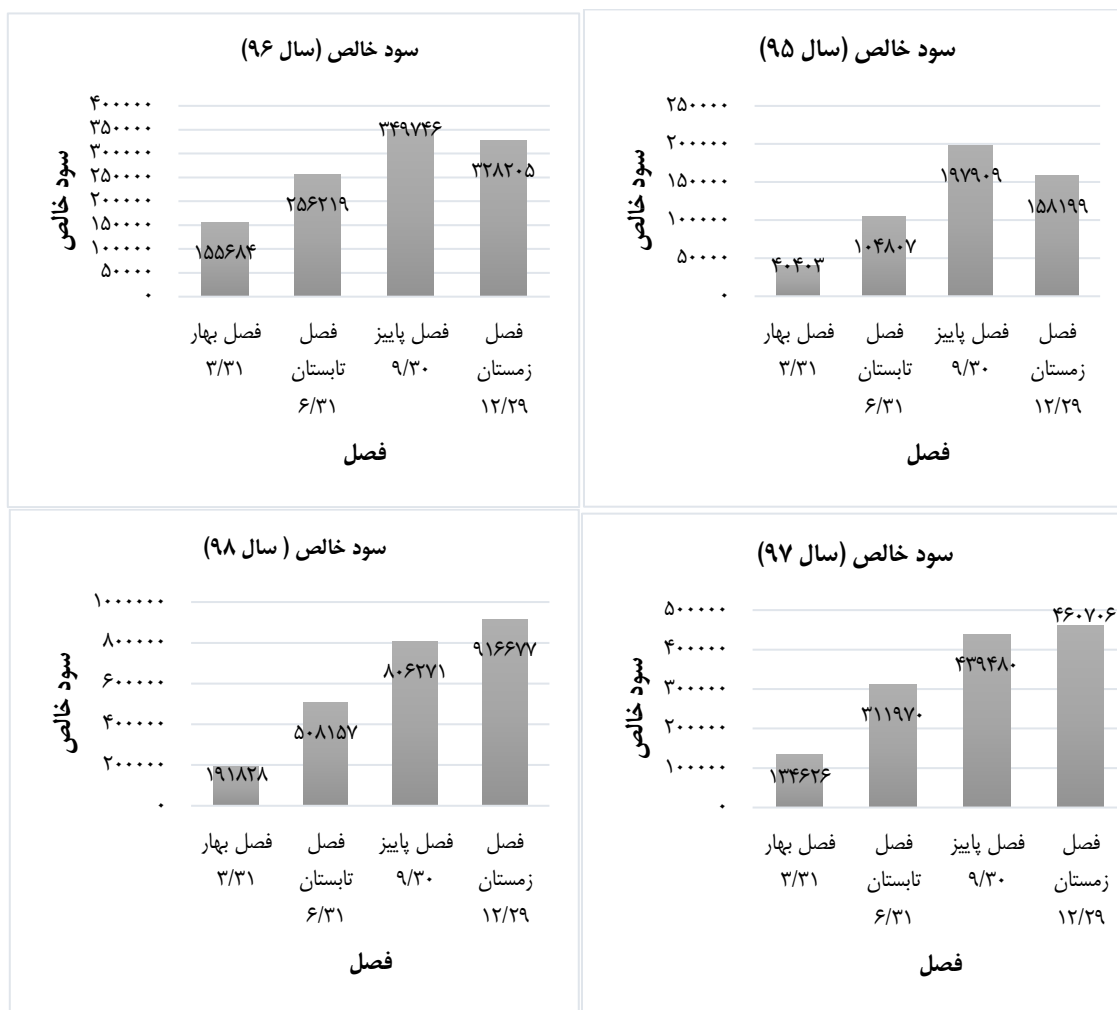
دو معیار اصلی که در مدل مفهومی مورد توجه قرار گرفته، معیار کیفیت و معیار هزینه است. هدف اصلی بهینه‌سازی برنامه موتناژ تولید خودرو در مدل مفهومی برای برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس، از آمارهای فروش گروه صنعتی خودروسازی سایپا در بازه سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ است. متغیرهای مورد استفاده شامل دریافتی‌های غیرتجاری،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

سود عملیاتی. سود عملیاتی نمایانگر 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 نمایانگر سود عملیاتی است [۷]. درآمدهای عملیاتی یک شرکت به درآمدهایی گفته می‌شود که شرکت از طریق انجام عملیات اصلی خود کسب می‌کند.



شکل ۵. پیش‌پردازش اولیه داده‌های سود عملیاتی در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۸

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 نمایانگر سودده بودن یا ضررده بودن یک شرکت است [۷].



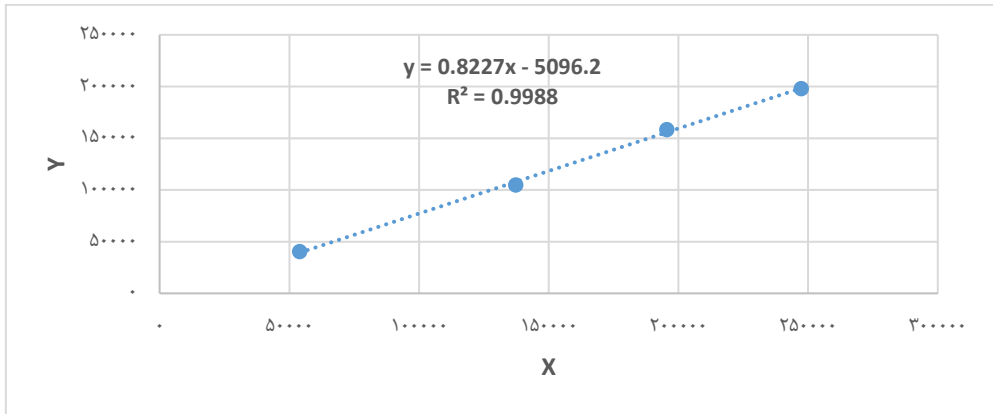
شکل ۷. پیش‌پردازش اولیه داده‌های سود خالص در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۸

به‌منظور مدل‌سازی سیستم‌ها بر اساس داده‌های ورودی و خروجی، راهکارهای متفاوتی وجود دارد که یکی از این راهکارها استفاده از شبکه عصبی است. در این حیطة عملکرد شبکه به‌گونه‌ای 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 است، حداقل شود. به‌منظور 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 ۱۳۹۵، معادله‌ی حاصل در حالت کلی برابر با رابطه ۱۲ است.

$$\text{output} = 0/8227 * \text{Target} - 5096/2$$

رابطه (۱۲)

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



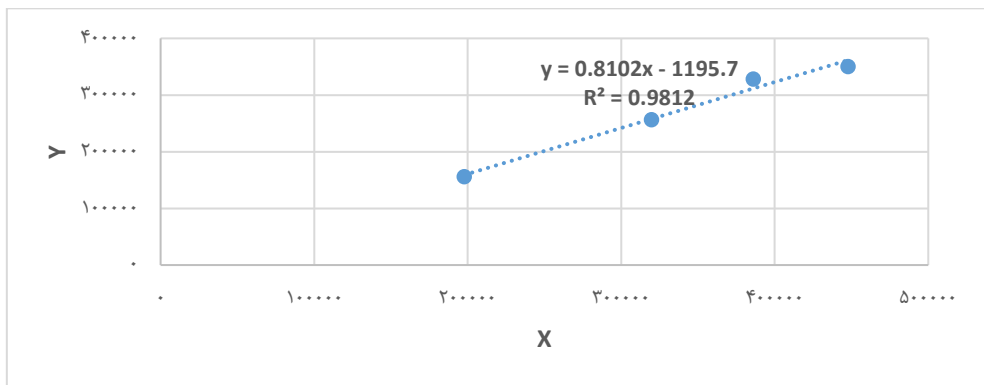
شکل (۷): نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال ۹۵

مطابق با شکل ۸، نمودار حاصل از پردازش سود خالص به سود عملیاتی برای سال ۱۳۹۶، معادله حاصل در حالت کلی برابر با رابطه ۱۳، است.

$$output = 0/8102 * Target - 1195/7$$

رابطه (۱۳)

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

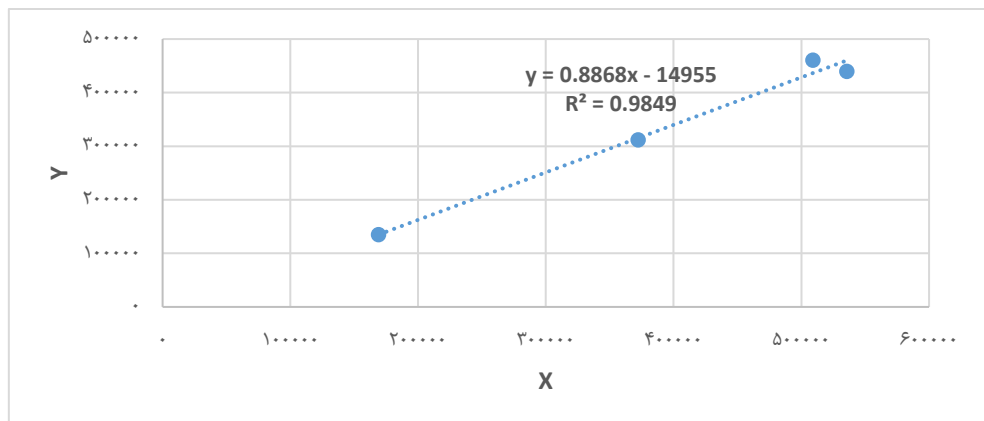


شکل ۸. نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال ۱۳۹۶

میزان رگرسیون حاصل از پردازش در حالت کلی برابر با $R^2 = 0/9849$ است. مطابق با شکل ۹، نمودار حاصل از پردازش سود خالص به سود عملیاتی برای سال ۱۳۹۷، معادله حاصل در حالت کلی برابر با رابطه ۱۴، است.

$$output = 0/8868 * Target - 14955$$

رابطه (۱۴)

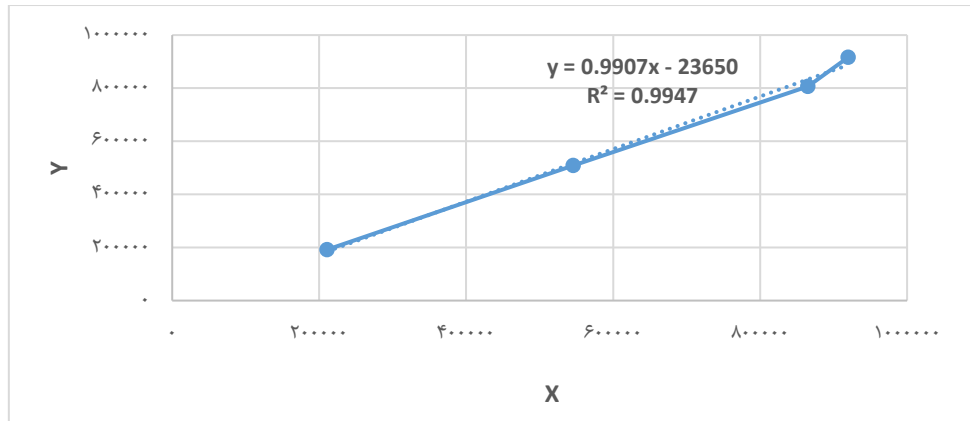


شکل ۹. نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال ۱۳۹۷

مطابق با شکل ۱۰، نمودار حاصل از پردازش سود خالص به سود عملیاتی برای سال ۱۳۹۸، معادل رابطه ۱۵، است.

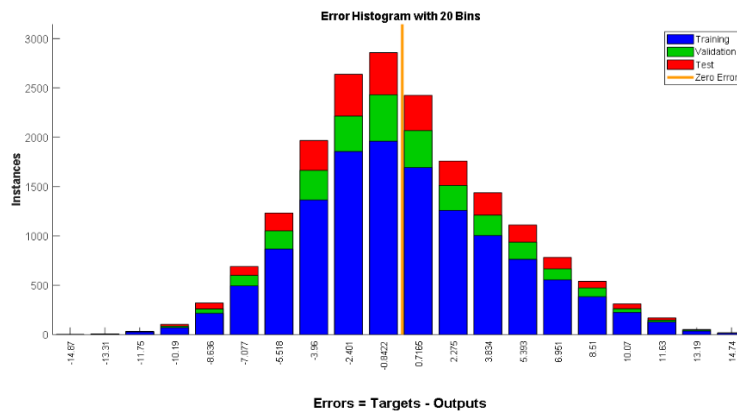
$$\text{output} = 0/9907 * \text{Target} - 23650 \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

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



شکل ۱۰. نمودار رگرسیونی سود خالص به سود عملیاتی در سال ۱۳۹۸

خطای هیستوگرام. با توجه به شکل ۱۱، میزان خطای هیستوگرام برای هر سه مرحله یادگیری، اعتبارسنجی و آزمون نشان 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 حاضر، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته به منظور برنامه‌ریزی برون‌سپاری لجستیک معکوس در چرخه مونتاژ صنعت خودروسازی بر پایه تابع هدف هزینه‌گرا ارائه شده است. ویژگی‌های لحاظ‌شده در مدل، تصویری واقعی‌تر از آنچه در واقعیت محیط‌های تولیدی رخ می‌دهد، فراهم کرد. عملکرد مدل پیشنهادی در یافتن راه‌حل بهینه با عملکرد مدل‌های موجود توسط برخی از معیارهای عملکرد میانگین انحراف و عدم‌کارایی خط مقایسه شد. بدین منظور، تعدادی مسئله نمونه از مبانی نظری موضوع انتخاب شد و میزان افزایش کارایی برای دو مرحله قبل و بعد از اجرای پروژه به‌دست آمد. نتایج آزمون‌های آماری، برتری نسبی مدل پیشنهادی این پژوهش، نسبت به مدل‌های موجود در مبانی نظری را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه برتری نسبی مدل‌سازی ریاضی ارائه‌شده در این پژوهش نسبت به روش‌های ریاضی موجود در مبانی نظری به لحاظ آماری و با استفاده از مثال‌های نمونه مشخص شده است، می‌توان به‌عنوان

زمینه پژوهش‌های آتی، مدل‌سازی این پژوهش را به‌عنوان پایه‌ای مناسب برای توسعه روش‌های ابتکاری یا فراابتکاری برای ابعاد بزرگ‌تر قرار داد و آن مسائل را مدل‌سازی و حل کرد یا اینکه آن را به‌صورت چندهدفه توسعه داد. در نظر گرفتن عدم قطعیت در مورد زمان‌های انجام و روابط پیش‌نیاز و یا در نظر گرفتن وزن برای عناصر مختلف توابع هدف نیز می‌تواند زمینه‌های جالبی برای پژوهش‌های آتی باشد. با توجه به وزن محاسبه‌شده معیارها در مسائل بالانس خطوط مونتاژ می‌توان نتیجه گرفت که گروه تصمیم در کنار مسائل تولیدی به مسائل استراتژیک توجه خاصی دارند؛ زیرا نرخ تولید خط که معکوس زمان چرخه تولید است، در درازمدت بر سهم بازار شرکت تأثیر می‌گذارد و موجب افزایش سهم شرکت در بازار مربوطه می‌شود؛ در نتیجه مدیران، بیشتر بر استراتژی‌های بلندمدت این شرکت تمرکز کرده‌اند. این دیدگاه، ممکن است به این دلیل باشد که در برنامه‌مدیر و همکاران، جهت طراحی خط به این‌گونه 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 راه‌اندازی تجهیزات انتخاب‌شده، مطالعات برای رسیدن به میزان تولیدی که باید تقاضا موردانتظار را برآورده سازد، شروع می‌شود؛ با این‌حال 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 اضافه‌کاری میزان تقاضا موردانتظار را برآورده کند، پیدا نشود. نتایج پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های دیگر نشان می‌دهد که میزان رگرسیون و خطا در تجزیه و تحلیل تابع هدف بهبود می‌یابد. میزان رگرسیون به‌دست‌آمده در پژوهش میسرا و همکاران (۲۰۲۱) برابر با ۰/۷۴ و در پژوهش زربخش‌نیا و همکاران (۲۰۲۰)، برابر با ۰/۸۹ است [۱۸، ۳۶]. در رابطه با محدودیت‌های بازه 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 پژوهش را به‌عنوان پایه‌ای مناسب برای توسعه روش‌های ابتکاری یا فراابتکاری در ابعاد بزرگ‌تر قرار داد و آن مسائل را مدل‌سازی و حل کرد. 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 بازه زمانی متفاوت از جمله موضوعات دیگری است که می‌تواند مدل‌سازی را پیچیده‌تر کند.

تعارض منافع. برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به‌عنوان شاهدهی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

منابع

1. Alkahtani, M., & et al. (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*, 19, 1-17.
3. Bazargan, A., Ghasemi, R., Eftekhari 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. Eng, L. L., & Vichitsarawong, Th. (2022). Comparing the usefulness of two profit subtotals: Operating income and earnings before interest and taxes. *Finance Research Letters*, 47, 103-115.
8. 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. [In Persian].
9. 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. *1st International. In 7th national Conference on Electronic Commerce & Economy*, 19-21.
10. Gholizadeh, H., Goh, M., Fazlollahtabar, H., & Mamashli, Z. (2022). Modelling uncertainty in sustainable-green integrated reverse logistics network using metaheuristics optimization. *Computers & Industrial Engineering*, 163, 107-118.
11. Hashemi, S. E. (2021). A fuzzy multi-objective optimization model for a sustainable reverse logistics network design of municipal waste-collecting considering the reduction of emissions. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128-132.
12. Jafarnejad, A., Ghasemi, R., Abdollahi, B., & Esmailzadeh, A. (2013). Relationship between macroeconomic environment and technological readiness: A secondary analysis of countries global competitiveness. *The Journal of International Management Perspective*, 1(2), 1-13.
13. Jamalian, A., Ghadikolaie, 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.
14. Kamali Mohammadzadeh, A., & et al. (2018). A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran. *Technology in Society*, 53, 124-134.
15. Kim, S.T., Lee, H. H. & Hwang, T. (2020). Logistics integration in the supply chain: a resource dependence theory perspective. *International Journal of Quality Innovation*, 6(5), 1-14.
16. Mardani, A., Kannan, D., & Hooker, R. (2019). Evaluating of Green and Sustainable Supply Chain Management Using Application of Structural Equation Modelling. *Journal of Cleaner Production*, 15, 1-19.
17. Marta Starostka, P. (2021). The use of information systems to support the management of reverse logistics processes. *Intelligent Information and Engineering System*, 192, 2586-2595.
18. 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.
19. Mohaghar, A., Ghasemi, R., Abdollahi, 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. Nasrollahi, M., Ghadikolaie, A. S., Ghasemi, R., Sheykhzadeh, M., & Abdi, M. (2022). Identification and prioritization of connected vehicle technologies for sustainable development in Iran. *Technology in Society*, 68, 101829.
24. 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.

25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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(7), 1152
29. Sichao, L., Geng, Zh., & Lihui, W. (2018). IoT-enabled Dynamic Optimisation for Sustainable Reverse Logistics. *Procedia CIRP*, 1-10.
30. Škrjanc, I., & et al. (2019), Evolving fuzzy and neuro-fuzzy approaches in clustering, regression, identification, and classification: A Survey. *Information Sciences*, 490, 344-368.
31. Starostka -Patyak, M. (2021). The use of information systems to support the managenet of reverse logistics processes. *Procedia Computer Science*, 192, 2586-2595.
32. Taghizadeh Yazdi, M., & Salmani Zarchi, E. (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). *The Journal of Industrial management perspective*, 36, 107-137. [In Persian]
33. Tavan, F., Sajadi, S.M., Movahedi Sobhani, F., & Azizi, A. (2023), A Model of Simulation-Data Envelopment Analysis in Network Failure Manufacturing Systems Considering Reliability Centered Maintenance and Return of Defective Items. *The Journal of Industrial Management Perspective*, 13, 119-157. [In Persian]
34. Zadootaghaj, 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.
35. 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.
36. Zarei, M., Jamalian, A., & Ghasemi, R. (2017). Industrial guidelines for stimulating entrepreneurship with the internet of things. *The Internet of Things in the Modern Business Environment*, 147-166.
37. 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.
38. 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.
39. Zhang, X., Li, Z., & Wang, Y. (2020). A Review of the Criteria and Methods of Reverse Logistics Supplier Selection. *Processes*, 2, 1-17.