Journal of Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 12, Issue 3, No. 26, Autumn 2021
http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.129317.1383

(Research Paper)

Designing and regulating supplier development systems using ANFIS and meta-heuristic algorithms in the automotive industry

Mansour Esmaeilzadeh *
Industrial Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran, esmailzadeh@vru.ac.ir

Laya Olfat
Indusrrlll aa nagemen,, ccc ulty of mnnagemena and ccoountnrg, aaaamTTbbbbbb'U Uivvrrstty, Tehran, Iran, olfat@atu.ac.ir

Maghsoud Amiri
Industrial Management, Faculty of management and accounting, AllameTabatab''U Uivvrrstty, Tehran, Iran, amiri@atu.ac.ir

Iman Raeesi Vanani
Indusrrlll aa nagemen,, ccc ulty of mnnagemena and ccoountnrg, aaaamTTbbbbbb'ɛ ɛnvvrrstty, Tehran, Iran, raeesi@atu.ac.ir

Purpose: This paper aims to design and regulate the Adaptive Neural Fuzzy Inference Systems (ANFIS) of supplier development, determine the importance of different categories of supplier development (SD), and suggest appropriate activities based on the results for the development of suppliers in the automotive industry.

Design/methodology/approach: To design ANFIS, Grid Partitioning, Subtractive Clustering, and FCM have been used. Then, they have been regulated using Back Propagation (BP), Hybrid, Ant Colony Optimization (ACO), Differential Evolution (DE), Genetic Algorithm (GA), and Particle Swarm Optimization (PSO) methods. A five-step procedure has been used for sensitivity analysis of the supplier development categories. By comparing the results of the regulated systems, the most appropriate ones were selected. Also, based on the supplier development score in different categories separately, the supplier development score was predicted for 53 strategic suppliers in the

* Corresponding author

2423-6950 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

automotive industry. By sensitivity analysis, SD-related categories were prioritized to guide automotive industry manufacturers to use SD-related activities.

Findings: Findings indicated that the FCM compared to the other two methods; meta-heuristic regulation methods compared to BP and Hybrid, and ACO, DE, and GA compared to PSO led to better results. The ACO in all systems, the DE in four systems, and the GA in two categories were identified as the dominant methods, while the PSO was not dominant in any of the categories. This finding implies the priority of meta-heuristic algorithms as ACO> DE> GA> PSO, based on the data of this study. The results of the correlation between the scores of the ANFIS and the average scores of the experts show that the designed ANFIS has high accuracy.

Practical implications: The results of this study will direct manufacturers' investments and direct involvement in SD. The findings encourage manufacturers and suppliers of the Iranian automotive industry first to activities related to the development of environmental capabilities and then activities related to the development of three other categories. The managers of Iran's automotive industry are suggested to apply the activities related to the development of suppliers' environmental capabilities. These activities include evaluating the supplier's environmental performance and feedback, sharing environmental information, ethics and social responsibility, obtaining environmental and social certifications, developing programs to improve the quality of life of target communities, green procurement, and environmental awareness, logistics activities Inversion, and joint efforts to improve performance are sustainable.

Originality/value: This study was one of the first in-house studies to compare the results of meta-heuristic algorithms compatible with ANFIS in the field of SD. In addition, in terms of implementation, it offered suitable SD activities to car manufacturers.

Keywords: Supplier Development (SD), Automotive industry, Sensitivity analysis, Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS), Meta-heuristic algorithms.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۲، شماره ۳، پیاپی ۲۶، پاییز ۱۴۰۰
دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۷ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۲ ص ۹۳-۱۱۷
http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.129317.1383

(مقالهٔ پژوهشی)

طراحی و تنظیم سیستم‌های توسعهٔ تأمین‌کننده با استفاده از ANFIS و الگوریتم‌های فراابتکاری در صنعت خودرو

منصور اسماعیل‌زاده*[۱]، لعیا الفت[۲]، مقصود امیری[۳]، ایمان رئیسی وانانی[۴]

۱- استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه ولیعصر(عج)، رفسنجان، ایران، esmailzadeh@vru.ac.ir
۲- استاد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران، olfat@atu.ac.ir
۳- استاد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران، amiri@atu.ac.ir
۴- دانشیار مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران، raeesi@atu.ac.ir

چکیده: این مقاله به‌دنبال طراحی و تنظیم سیستم‌های عصبی-فازی توسعهٔ تأمین‌کننده، تعیین درجهٔ اهمیت مقوله‌های مختلف آن و پیشنهاد فعالیت‌های مناسب، براساس نتایج به‌دست‌آمده برای توسعهٔ تأمین‌کنندگان صنعت خودرو است. برای طراحی سیستم‌ها از سه روش منقطع‌سازی شبکه‌ای، خوشه‌بندی کاهشی و سی-میانگین فازی و برای تنظیم آنها از روش‌های پس‌انتشار و هیبرید و الگوریتم‌های فراابتکاری کلونی مورچگان، تکامل تفاضلی، ژنتیک و ازدحام ذرات استفاده می‌شود. با مقایسهٔ نتایج سیستم‌های تنظیم‌شده، مناسب‌ترین آنها انتخاب و براساس آن نمرهٔ توسعهٔ تأمین‌کننده در مقوله‌های مختلف و همچنین، توسعهٔ تأمین‌کننده برای ۵۳ تأمین‌کننده از تأمین‌کنندگان استراتژیک صنعت خودرو پیش‌بینی می‌شود. برای تحلیل حساسیت مقوله‌های توسعهٔ تأمین‌کننده، از یک رویهٔ پنج‌مرحله‌ای استفاده شده است. نتایج مقایسهٔ روش‌ها نشان می‌دهد روش طراحی سی-میانگین فازی نسبت‌به دو روش دیگر، روش‌های فراابتکاری نسبت‌به دو روش سنتی و الگوریتم‌های کلونی مورچگان، تکامل تفاضلی و ژنتیک نسبت‌به الگوریتم ازدحام ذرات، نتایج بهتری به دست می‌دهد. نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های محیطی، حساس‌ترین مقوله است و مقوله‌های توسعهٔ قابلیت‌های ناملموس، توسعهٔ قابلیت‌های ملموس و توسعهٔ روابط، به‌ترتیب در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم قرار دارند. نتایج همبستگی بین خروجی سیستم توسعهٔ تأمین‌کننده و میانگین نمره‌های خبرگان نشان می‌دهد سیستم طراحی‌شده، دقت زیادی دارد؛ براساس یافته‌ها، فعالیت‌های مناسب برای توسعهٔ تأمین‌کنندگان در مقوله‌های مختلف، پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: توسعهٔ تأمین‌کننده، صنعت خودرو، تحلیل حساسیت، سیستم استنتاج فازی- عصبی انطباقی، الگوریتم‌های فراابتکاری

* نویسنده مسئول

2423-6950 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

در بازارهای رقابتی، تنها راه غلبه بر رقبا در کاهش هزینه‌های عملیاتی و بهبود سطح خدمت، توجه هم‌زمان به ملاحظات اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی زنجیرهٔ تأمین است (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۹). برای ایجاد توان رقابتی در شرکت‌ها، باید توانمندی‌ها و منابع داخلی به فاکتورهایی برای موفقیت سازمان و ایجاد مزیت رقابتی نسبت‌به دیگر رقبا تبدیل شود (الفت و همکاران، ۱۳۹۸). مدیران تأمین، مسئول حفظ یک شبکه‌ای از تأمین‌کنندگان توانااند. بسیاری از شرکت‌های خریدار به‌طور فعال، بهبود عملکرد تأمین‌کننده را از طریق توسعهٔ تأمین‌کننده[۱]، حمایت می‌کنند. SD یک فعالیت تجاری منابع‌بر بلندمدت است که به تعهد تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان نیاز دارد (تالوری و همکاران، ۲۰۱۰). SD شامل تلاش‌های شرکت‌های تولیدی، برای بهبود قابلیت‌ها و عملکرد تأمین‌کنندگانشان است. این تلاش‌ها می‌تواند در حوزه‌های مختلفی، مثل مدیریت کیفیت، توسعهٔ محصول و کاهش هزینه، هدف‌گذاری شود (یانگ[۲]، ۲۰۱۱). SD، یک استراتژی همکارانهٔ بلندمدت شروع‌شده به‌وسیلهٔ یک سازمان خریدار، برای ارتقای عملکرد و یا قابلیت‌های تأمین‌کننده است؛ به‌طوری که، تأمین‌کننده قادر است، نیازهای تأمین سازمان خریدار را به روشی اثربخش‌تر و قابل‌اطمینان‌تر برآورده سازد که مزیت رقابتی بیشتری را به خریدار، برای رقابتی‌ترشدن در بازار می‌دهد (چاوهان[۳] و همکاران، ۲۰۱۲). SD یک فعالیت استراتژیک مرتبط با تأمین‌کننده است که برای ارتقای سطح عملکرد تأمین‌کنندگان، به‌منظور ایجاد و حفظ شبکه‌ای از تأمین‌کنندگان شایسته طراحی می‌شود (رضایی و همکاران، ۲۰۱۵). تعریف بازنگری‌شدهٔ چن[۴] و همکاران (۲۰۱۵)، از SD به این صورت است؛ « مجموعه‌ای از فعالیت‌های مدیریت دانش است که به‌وسیلهٔ شرکت‌های خریدار و تأمین‌کننده انجام می‌شود و قصد دارد، نیازهای تأمین کوتاه‌مدت و بلندمدت شرکت‌های خریدار را از طریق تسهیل عملکرد مداوم شرکت تأمین‌کننده و یا بهبود قابلیت برآورده کند. توسعهٔ تأمین‌کننده ممکن است، فعالیت‌های مدیریت دانش درجهٔ اول و همچنین درجهٔ دوم را درگیر کند» SD، به تأمین‌کنندگان کمک می‌کند تا قابلیت‌ها و عملکردشان را بهبود دهند و به سهم خود، به شرکت خریدار کمک می‌کند تا کاهش هزینه، بهبود بهره‌وری، بهبود کیفیت و بهره‌برداری بهینه از منابع را تحقق بخشد (ساکو[۵]، ۲۰۰۴؛ ووترز[۶] و همکاران، ۲۰۰۷؛ تالوری[۷] و همکاران، ۲۰۱۰؛ هامفریز[۸] و همکاران، ۲۰۱۱). برنامه‌هایSD یک جزء ضروری از مدیریت روابط تأمین‌کننده است (ناگاتی و ربولدو[۹]، ۲۰۱۳). اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت زنجیرهٔ تأمین، مباحث زیادی را درگیر می‌کند که یکی از مباحث اصلی،SD است.

بعضی از صنایع همچون خودرو، آمادگی شروع حمایتی فعال را برای تأمین‌کنندگانشان دارند. آنها یک سطح فراوانی از تعهد را برای غلبه بر مسائل عملکردی تأمین‌کنندگان نشان دادند (واگنر[۱۰]، ۲۰۰۶). خودروها محصولات بسیار پیچیده‌ای هستند و به درجهٔ فراوانی از برونسپاری به تأمین‌کنندگان، برای مونتاژ نیاز دارند. صنعت خودرو، یکی از وابسته‌ترین صنایع به تأمین‌کنندگان است. عمدهٔ مشکلات تأمین‌کنندگان داخلی، به فقدان یک برنامه برای تدوین و اجرای فعالیت‌های مناسب، به‌منظور SD بعد از انتخاب آنها مرتبط است که در طرح‌های SD باید به آن توجه کرد. تحریم‌های چند سال اخیر موجب می‌شود که کیفیت خودروهای داخلی، به‌دلیل کیفیت ضعیف قطعات تولیدی تحت تأثیر قرار گیرد؛ بنابراین، این پژوهش برای کمک به جنبهٔ اجرایی SD، چارچوبی را برای SD ارائه می‌دهد که به‌طور خلاصه در آن، برای هرکدام از مقوله‌هایSD که الفت و همکاران (۲۰۲۰) ارائه کردند و SD، سیستم‌های استنتاج عصبی-فازی طراحی، تنظیم و مقایسه می‌شود. براساس نتایج مقایسه، مناسب‌ترین سیستم

انتخاب شده و نمرهٔ تأمین‌کنندگان در هر مقوله وSD پیش‌بینی شده است. در پایان با تحلیل حساسیت، مقوله‌های مرتبط با SD، به‌منظور جهت‌دادن تولیدکنندگان صنعت خودرو در به‌کارگیری فعالیت‌های مرتبط باSD اولویت‌بندی شد. نتایج این پژوهش، موجب جهت‌بخشی سرمایه‌گذاری‌های تولیدکنندگان و درگیری مستقیم آنها در SD خواهد شد. با توجه به اینکه سایپا و ایران‌خودرو بیشترین سهم بازار را در اختیار دارد، برای بررسی موضوع در جهان واقعی، تأمین‌کنندگان اصلی و داخلی آنها را انتخاب کردیم.

پژوهش‌های زیادی، SD را در صنعت خودروسازی بررسی کرده است (جدول۱) که نشان‌دهندهٔ اهمیت زیاد موضوع SD، در صنعت خودروسازی است. ادامهٔ مقاله به‌صورت زیر بخش‌بندی شده است؛ در بخش ۲ به‌طور خلاصه، پیشینهٔ پژوهش ارائه می‌شود. در بخش ۳، متدولوژی پژوهش را خواهیم داشت. در بخش ۴، نتایج و یافته‌ها خواهد آمد. در بخش ۵، بحث و در بخش ۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها خواهد آمد.

۲- پیشینهٔ پژوهش

مفهوم SD را اولین‌بار، لیندرس[11] (۱۹۶۶)، برای توصیف تصمیم تولیدکنندگان در ارتقای تعداد تأمین‌کنندگان، با هدف بهبود عملکرد به وجود آورد؛ سپس این ایده، راهگشای پژوهشگران مدیریت زنجیرهٔ تأمین، برای شروع مطالعه در مبادلات پیچیدهٔ محصول و تأمین‌کنندگانشان شد (شهزاد[12] و همکاران، ۲۰۱۶). جالب توجه است که اقدام SD در اوایل سال ۱۹۰۰ در آمریکا، زمانی انجام گرفت که فورد بهبود ظرفیت و عملکرد تأمین‌کنندگانش را خواستار شد (کرایوز و همکاران، ۲۰۰۷). واژهٔ SD در دههٔ ۸۰، با مطالعاتی مثل باچه[13] و همکاران (۱۹۸۷) بیان شد. در جدول ۱، مهم‌ترین پژوهش‌هایی آمده که SD را بررسی کرده است.

جدول۱- پیشینهٔ پژوهش

پژوهشگر(ان)	خلاصهٔ پژوهش
کرایوز و اسکانل[14] (۲۰۰۲)	اقدامات SD را در صنعت مبتنی بر محصول و مبتنی بر خدمت، در صنایع الکترونیکی، شیمیایی، غذایی، بهداشتی، خودروسازی و فلزات مقایسه می‌کنند.
عبدالله و ماهارجان[15](۲۰۰۳)	اقدام تدارکات را در پروتون، برای ورودی‌های قطعات و اجزای سطح داخلی بررسی می‌کنند.
ساکو (۲۰۰۴)	برای شناسایی عوامل SD پایدار و پاسخگویی قابلیت‌های سازمانی تأمین‌کنندگان، یک مطالعهٔ مقایسه‌ای از تاریخچهٔ تویوتا، نیسان و هوندا در ژاپن انجام می‌شود.
سانچز[16] و همکاران (۲۰۰۵)	اثرSD را بر عملکرد، در صنایع خودروسازی، غذایی، و شیمیایی بررسی کرده‌اند.
واگنر[17] (۲۰۰۶)	به‌دنبال فراهم‌آوردن یک دیدگاه متفاوت از فعالیت‌های SD است که توسط شرکت‌های اروپایی فعال در صنایع بهداشتی، خودروسازی، الکترونیک و هوافضا به کار گرفته می‌شود.
ووترزو همکاران (۲۰۰۷)	دربارهٔ انگیزه‌ها، روش‌ها و اولویت‌های SD در صنایع نوشیدنی، بهداشتی و خودروسازی کار کردند.
مودی و مابرت[18] (۲۰۰۷)	اثر انتقال دانش را بر عملکرد تأمین‌کننده در صنایع خودروسازی، شیمیایی،کامپیوتر و الکترونیک بررسی می‌کنند.
کرایوز و همکاران (۲۰۰۷)	به‌دنبال اثر فعالیت‌های ذهنی و رابطه‌ای SD بر عملکرد تأمین‌کننده در صنعت خودروسازی و الکترونیکی‌اند.
باتسون[19](۲۰۰۸)	اقداماتSD را در صنعت خودروسازی بررسی می‌کند.
چیدامباراتان[20] و همکاران (۲۰۰۹)	روابط درونی عوامل SD را در صنعت خودروسازی هند بررسی می‌کنند.
واگنر و کرایوز (۲۰۰۹)	رابطهٔ بین فعالیت‌ها و اهداف SD را در صنایع خودروسازی، های‌تک، الکترونیکی، ساختمانی، شیمیایی،

پژوهشگر(ان)	خلاصهٔ پژوهش
	دارویی، غذا، پارچه و ارتباطات بررسی می‌کنند.
گووینداِن[۲۱] و همکاران (۲۰۱۰)	معیارهای مرتبط با SD را در صنعت خودروسازی، با مرور پیشینه شناسایی می‌کنند.
قیجسن[۲۲] و همکاران (۲۰۱۰)	رابطهٔ بین استراتژی‌هایSD را با رضایت و تعهد آن در صنعت خودروسازی آلمان بررسی می‌کنند.
واگنر (۲۰۱۱)	ارزیابی حالت رابطهٔ تأمین‌کننده با خریدار را، قبل از درگیری در فعالیت‌های SD، برای موفقیت SD در صنایع‌هایی‌تک، خودروسازی، ساختمانی، شیمیایی، دارویی، غذا و منسوجات معرفی می‌کند.
آرایو لوپز[۲۳] و همکاران (۲۰۱۲)	اثر SD را بر عملکرد کوتاه‌مدت و بلندمدت آن در صنعت خودروسازی مکزیک بررسی می‌کنند.
مارکسبری[۲۴] (۲۰۱۲)	اقدامات تویوتا برای SD را شناسایی و توضیح می‌دهد.
آسار[۲۵] و همکاران (۲۰۱۳)	نقش بهبود فرایند بازاریابی در SD را در صنایع الکترونیک، خودروسازی و غذا آشکار می‌کنند.
بلونسکا[۲۶] و همکاران (۲۰۱۳)	اثر SD را بر منافع روابط، با درنظر گرفتن نقش سرمایهٔ ارتباطی در صنایع فلزات و الکترونیک تجزیه‌وتحلیل می‌کنند.
پرکسمارر[۲۷] و همکاران(۲۰۱۳)	آثار سهم درک‌شدهٔ یک تأمین‌کننده را از هزینه‌ها و درآمدهای SD، بر رضایت تأمین‌کننده در صنایع خودروسازی، داروسازی و مهندسی بررسی می‌کنند.
کومارو روتروی[۲۸] (۲۰۱۴)	به‌دنبال شناسایی عواملی‌اند که در صنعت خودروسازی، اثربخشی SD را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
خان و نیکلسون[۲۹] (۲۰۱۴)	یک فرآیند سه‌مرحله‌ای را برای به‌کارگیری SD در صنعت خودروسازی معرفی می‌کنند.
روتروی و کومار (۲۰۱۴)	توانمندسازهای SD را در صنعت خودروسازی شناسایی و طبقه‌بندی می‌کنند.
پرادهان و روتروی (۲۰۱۴)	عوامل بحرانی موفقیت و شاخص‌های کلیدی عملکرد برای SD را در یک شرکت خودروسازی هندی شناسایی و طبقه‌بندی می‌کنند.
روتروی و پرادهان (۲۰۱۴)	یک مدل را برای پذیرش و بهبود مستمر SD، در یک شرکت خودروسازی هندی ارائه می‌دهند.
بلومه[۳۰] و همکاران (۲۰۱۴)	SD را با توجه به محیط زیست در صنایع خودروسازی، ارتباطات، غذا و دارو بررسی می‌کنند.
آجان[۳۱] و همکاران (۲۰۱۴)	دربارهٔ توسعهٔ محیط زیست تأمین‌کننده، با توجه به محیط داخلی و خارجی شرکت در صنایع خودروسازی، الکترونیک، فلزی، پوشاک، منسوجات و شیمیایی تمرکز می‌کنند.
کومار[۳۲] و همکاران (۲۰۱۴)	موانع SD را براساس ویژگی‌های خریدار و تأمین‌کننده در صنایع خودروسازی، الکترونیک، فلزی، ساختمانی، پوشاک، منسوجات و شیمیایی بررسی می‌کنند.
رضایی و همکاران (۲۰۱۵)	بخش‌بندی تأمین‌کننده را به‌SD مرتبط می‌کنند.
آکمان[۳۳] (۲۰۱۵)	با ارزیابی و بخش‌بندی تأمین‌کنندگان صنعت خودروسازی ترکیه، تأمین‌کنندگانی را شناسایی می‌کند که باید در SD سبز درگیر شوند.
لاوسون[۳۴] و همکاران (۲۰۱۵)	فعالیت‌های SD را در توسعهٔ محصول جدید در صنایع الکترونیکی، هوافضا، شیمیایی، دارویی و خودروسازی نشان می‌دهند.
روتروی و کومار (۲۰۱۵)	توانمندسازهای اجرای SD را در صنعت خودروسازی معرفی و ارزیابی می‌کنند.
سانچا[۳۵] و همکاران (۲۰۱۵)	نقش اقدامات سطح ملی، مثل مقررات در پذیرش اقدامات SD پایدار را در صنایع فلزات، کامپیوتر، الکترونیک و خودروسازی بررسی می‌کنند.
روتروی و همکاران (۲۰۱۶)	عوامل بحرانی موفقیت اجرای برنامهٔ SD را در صنعت خودروسازی شناسایی و طبقه‌بندی می‌کنند.
آواستی و کانان[۳۶] (۲۰۱۶)	برنامه‌های SD سبز را در یک شرکت خودروسازی هندی ارزیابی می‌کنند.
فریدل[۳۷] و واگنر (۲۰۱۶)	اهمیت SD مشترک را با خریداران دیگر در صنایع خودروسازی، های‌تک و هوافضا تشریح می‌کنند.
سلیمیان[۳۸] و همکاران (۲۰۱۷)	به‌کارگیری تئوری اقتضائی، با درنظر گرفتن اندازه و فرهنگ سازمانی، با بررسی روابط بین SD و کیفیت درونی عملکرد را در صنایع خودروسازی، هوافضا، الکترونیک و پوشاک توسعه می‌دهند.
میزگیر[۳۹] و همکاران (۲۰۱۷)	نحوهٔ سرمایه‌گذاری خریدار در SD را با درنظر گرفتن ریسک سرمایه‌گذاری برای SD، در صنعت خودروسازی مشخص می‌کنند.
کومار و روتروی(۲۰۱۸)	یک مطالعهٔ واقع‌بینانه را در صنایع تولیدی هند، شامل خوردوسازی، الکترونیک، هوافضا و دفاعی، تجهیزات صنعتی و... برای بررسی تعاملات، میان موانع برنامه‌های SD انجام دادند. یافته‌های آنها موانع

پژوهشگر(ان)	خلاصهٔ پژوهش
	حاصل از جوانب مختلفی، شامل تولیدکننده، تأمین‌کننده، تولیدکننده-تأمین‌کننده و محیط بیرونی را شناسایی کرد.
گلمحمدی و همکاران (۲۰۱۸)	سه استراتژی را شناسایی می‌کنند که تأمین‌کنندگان می‌توانند برای تسهیل SD توسط خریدارانشان استفاده کنند. با تجزیه‌وتحلیل‌های عددی نشان دادند برای خریداران و تأمین‌کنندگان با حاشیهٔ سود پایین، استراتژی دستکاری قیمت فروش کل و برای خریداران و تأمین‌کنندگان با حاشیهٔ سود بالا، استراتژی پرداخت سهمی از سرمایه‌گذاری جذاب‌تر است.
یاور و کاپی[۴۰](۲۰۱۸)	با تعداد ۱۲ مطالعهٔ موردی از صنعت لبنیات هند و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته نشان دادند، شرکت‌های خصوصی و دولتی هردو اقدامات مشابه‌ای از SD را برای ایجاد قابلیت‌ها و بهبود عملکرد اقتصادی و اجتماعی تأمین‌کنندگان و خریداران به کار می‌گیرند.
راجرز[۴۱] و همکاران(۲۰۱۹)	با گردآوری داده‌ها از دانشجویان MBA اجرایی، توازن مدنظر تصمیم‌گیرندگان را، هنگام به‌کارگیری ابتکار عمل‌های SD برای بهبود عملکرد پایداری تأمین‌کننده، بررسی می‌کنند. یافته‌های آنها یک سلسله مراتبی از ترجیحات توازن را برای تصمیم‌گیرندگان نشان می‌دهد.
جئو[۴۲](۲۰۱۹)	با به‌کارگیری رگرسیون چندمتغیره نشان می‌دهند SD یک ابزار مهم برای شرکت‌های خریدار است که با آن می‌توانند رضایت تأمین‌کننده را افزایش دهند.
بنتون[۴۳] و همکاران(۲۰۲۰)	با مطالعهٔ داده‌های گردآوری‌شده از ۱۴۱ تأمین‌کنندهٔ سطح اول در صنعت خودروسازی امریکای شمالی و با استفاده از مدلسازی معادلات ساختاری، برنامه‌های SD را به‌عنوان یک جایگزین برای قدرت دولت بررسی می‌کنند.
صغیری و ویلدینگ[۴۴](۲۰۲۱)	با مطالعهٔ داده‌های گردآوری‌شده از ۱۴۲ شرکت، نقش میانجی ۵ عامل جنبهٔ تأمین را (اندازهٔ تأمین‌کننده، سهم تأمین‌کننده، پیچیدگی محصول، یکپارچگی خریدار-تأمین‌کننده و سیستم مدیریتی تأمین‌کننده) بر رابطهٔ SD و عملکرد تأمین‌کننده بررسی می‌کنند.
صغیری و میرزابیگی(۲۰۲۱)	با مطالعهٔ داده‌های گردآوری‌شده از ۲۶۷ تأمین‌کنندهٔ انگلیسی، نقش برنامه‌های SD محیطی خریدار را در اقدامات محیطی تأمین‌کننده، با میانجی‌گری تخصیص منابع و همکاریِ تأمین‌کننده بررسی می‌کنند.
فان[۴۵] و همکاران (۲۰۲۱)	با مطالعهٔ داده‌های گردآوری‌شده از ۷۶۸ شرکت، مشوق‌های SD پایدار را شناسایی کردند که به رضایت مشتریان و همچنین به فروش آیندهٔ شرکت کمک می‌کنند.
تران[۴۶] و همکاران(۲۰۲۱)	با تحلیل موضوعی و مقایسه‌های کیفی، لبهٔ تاریک روابط تأمین‌کننده-خریدار؛ به‌ویژه، رابطهٔ بین مشوق‌های SD، هنجارهای رابطه‌ای و فرصت‌طلبی تأمین‌کننده را بررسی می‌کنند.
الفت و همکاران (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)	در دو مقالهٔ جداگانه، معیارها و فعالیت‌های مرتبط با SD را در صنعت خودروسازی با استفاده از فراترکیب شناسایی و مقوله‌بندی می‌کنند.
شیخ‌سجادیه و بهمنی تبریزی(۲۰۲۰)	مدلی فرایندی را به‌همراه نرم‌افزار توسعهٔ تأمین‌کنندگان در حوزهٔ پیمانکاری، با استفاده از الگوهای کیفی و مدل‌های پشتیبان تصمیم، همسو با پایداری زنجیرهٔ تأمین معرفی می‌کنند.

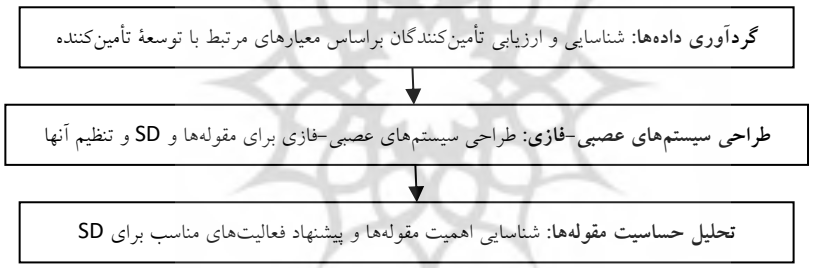
از یک سو در مطالعات گذشته از واژه‌های مختلفی، مثل تلاش‌ها، عناصر، عوامل و استراتژی‌ها برای بررسی SD استفاده شده است و از سویی دیگر، افزایش مطالعات SD در دو دههٔ اخیر، موجب پیدایش و معرفی معیارها و فعالیت‌های جدید برای SD شده است؛ بنابراین، شناسایی و مقوله‌بندی معیارها و فعالیت‌های مرتبط با SD، در دههٔ جاری و همچنین یکپارچه‌کردن آنها در دو واژهٔ معیارها و فعالیت‌های مرتبط با SD و مقوله‌بندی آنها می‌تواند برای پژوهشگران این حوزه مفید باشد؛ زیرا شرکت‌ها مایل‌اند وضعیت توسعهٔ تأمین‌کنندگان خود را بسنجند که معیارهای مرتبط با SD می‌تواند برای آنها مفید باشد؛ از سویی دیگر، می‌خواهند بدانند که معیارهای مرتبط را چگونه توسعه دهند؛ بنابراین، فعالیت‌های شناسایی‌شده می‌تواند در این زمینه به شرکت‌ها کمک کند. در پژوهش‌های الفت و

همکاران (۱۳۹۸ و۱۳۹۹)، معیارها و فعالیت‌های مرتبط با SD در صنعت خودروسازی شناسایی، بومی‌سازی و مقوله‌بندی شده است؛ اما براساس مرور پیشینه، هرکدام از مطالعات، یک یا چند مقوله از مقوله‌های چهارگانه را بررسی کرده است و هیچ‌کدام از آنها، همهٔ این مقوله‌ها را براساس معیارها و فعالیت‌های مرتبط با SD، با هم مطالعه نکرده است. در این مقاله، با درنظر گرفتن معیارها و فعالیت‌های مرتبط با SD در مقوله‌های چهارگانه، چارچوبی برایSD در صنعت خودرو ارائه خواهد شد. با توجه به توضیحات داده‌شده، این مقاله از معدود پژوهش‌هایی است (براساس دانش ما جزءِ اولین پژوهش‌های داخلی است) که ضمن طراحی سیستم‌های عصبی–فازی، برای مقوله‌های چهارگانهٔ SD در صنعت خودروسازی و همچنین خود SD، شش روش حل (دو روش معمول و چهار الگوریتم فراابتکاری) برای تنظیم آنها به کار می‌گیرد که این می‌تواند، نوآوری بخش به‌کارگیری تکنیک حل مسئله در نظر گرفته شود. در بخش اجرایی و کاربردی‌بودن نیز، می‌توان به اولویت‌بندی و پیشنهاد فعالیت‌های مرتبط با SD در صنعت خودروسازی اشاره کرد که با به‌کارگیری یک رویهٔ تحلیل حساسیت پنج‌مرحله‌ای محقق می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

متدولوژی این پژوهش، به سه بخش گردآوری داده‌ها، طراحی سیستم‌های عصبی–فازی و نحوهٔ به‌دست آوردن نمره‌های SD و رویهٔ تحلیل حساسیت و پیشنهاد فعالیت‌های مناسب برای SD تقسیم شده است (شکل۱) که در ادامه توضیح داده می‌شود.

شکل۱- خلاصهٔ مراحل انجام پژوهش



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱-۳- گردآوری داده‌ها

با نظرسنجی از مدیران سایپا و ایران‌خودرو (شامل مدیران ارشد بخش معاونت برنامه‌ریزی شرکت‌های ایران‌خودرو وسایپا بودند که همهٔ آنها بالای ۱۰ سال سابقهٔ کاری داشته‌اند و حداقل تحصیلات آنها کارشناسی ارشد بوده است)، تأمین‌کنندگان اصلی و داخلی شناسایی شدند که بین آنها مشترک بودند (جدول ۳) ؛ سپس براساس معیارهای مرتبط با SD توسط مدیران با نمره‌ای از ۰ تا ۱۰۰ ارزیابی شدند.(جدول۲) هرکدام از خبرگان دربارهٔ تأمین‌کنندگانی نظر داده است که با آنها کار می‌کرد و یا آشنایی داشت. روند تکمیل هر پرسشنامه به این صورت است که خبره باید ابتدا برای هر تأمین‌کننده، براساس معیارهای مرتبط با هر مقوله، تأمین‌کنندگان را ارزیابی می‌کرد؛ سپس با توجه به نمره‌های داده‌شده به معیارها، به مقولهٔ مرتبط نیز امتیاز می‌داد. این روش نمره‌دهی به‌منظور تشکیل قواعد در سیستم عصبی–فازی انتخاب شده است. در جدول۴ معیارهای مرتبط با SD آمده است.

جدول۲- پرسشنامه برای گردآوری داده‌ها

تأمین‌کنندگان	قابلیت تکنولوژیکی تأمین‌کننده	قابلیت کیفیتی تأمین‌کننده	قابلیت تحویل تأمین‌کننده	انعطاف‌پذیری سازمانی تأمین‌کننده	قابلیت مالی تأمین‌کننده	قابلیت‌های ملموس تأمین‌کننده	قابلیت دانشی تأمین‌کننده	مزیت رقابتی تأمین‌کننده برای خریدار	تمایل یا ارادهٔ مدیریت تأمین‌کننده برای توسعه	اعتماد تأمین‌کننده	انجام تعهدات توسط تأمین‌کننده	قابلیت‌های ناملموس تأمین‌کننده	قابلیت‌های درونی تأمین‌کننده	شفافیت اطلاعات تأمین‌کننده	همکاری و تعاملات مستمر تأمین‌کننده	تسهیم به‌موقع اطلاعات توسط تأمین‌کننده	تلاش تأمین‌کننده برای بهبود زنجیره‌ی تأمین	روابط تأمین‌کننده	مشارکت در فعالیت‌های توسعه‌ی سبز	توجه تأمین‌کننده به حقوق مشتریان	دارا بودن استانداردهای زیست- محیطی و اجتماعی	قابلیت‌های محیطی تأمین‌کننده	قابلیت‌های بیرونی تأمین‌کننده	وضعیت کلی تأمین‌کننده ازلحاظ توسعه
۱																								
۲																								
۳																								
.																								
.																								
.																								
۵۳																								

جدول۳- اطلاعات مربوط به ۵۳ تأمین‌کننده

گروه تأمین‌کنندگان	کد تأمین‌کنندگان
تزئینات	S_1, S_3, S_6, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{15},S_{16}, S_{22}, S_{30}, S_{39}, S_{49}, S_{53}
تعلیق	S_2, S_{18}, S_{26}, S_{31}
استانداردها و مکانیزم‌ها	S_4, S_{14}, S_{20}, S_{22}, S_{27}
موتوری	S_5, S_{13}, S_{19}, S_{23}, S_{32}, S_{33}, S_{34}, S_{35}, S_{37}, S_{40}, S_{41}, S_{44}, S_{46}, S_{47}, S_{50}, S_{52}
بدنه	S_{25}, S_{28}, S_{38}, S_{42}, S_{43}, S_{48}, S_{51}
الکترونیک	S_7, S_{17}, S_{21}, S_{29}, S_{36}
تهویه	S_{45}

جدول۴- ابعاد، مقوله‌ها و معیارهای مرتبط با SD در صنعت خودروسازی(منبع؛ الفت و همکاران، ۱۳۹۹)

	ابعاد	مقوله‌ها	معیارهای مرتبط
توسعهٔ تأمین‌کننده	توسعهٔ قابلیت‌های درونی تأمین‌کننده	ملموس	قابلیت تکنولوژیکی تأمین‌کننده
			قابلیت کیفیتی تأمین‌کننده
			قابلیت تحویل تأمین‌کننده
			انعطاف‌پذیری سازمانی تأمین‌کننده
			قابلیت مالی تأمین‌کننده
		ناملموس	قابلیت دانشی تأمین‌کننده
			مزیت رقابتی تأمین‌کننده برای خریدار
			تمایل یا ارادهٔ مدیریت تأمین‌کننده برای SD
			اعتماد تأمین‌کننده
			انجام تعهدات توسط تأمین‌کننده
	توسعهٔ قابلیت‌های بیرونی تأمین‌کننده	روابط	شفافیت اطلاعات تأمین‌کننده
			همکاری و تعاملات مستمر تأمین‌کننده
			تسهیم به‌موقع اطلاعات توسط تأمین‌کننده
			تلاش تأمین‌کننده برای توسعهٔ زنجیرهٔ تأمین
		محیطی	مشارکت در فعالیت‌های SD سبز
			توجه تأمین‌کننده به حقوق مشتریان
			دارا بودن استانداردهای زیست- محیطی و اجتماعی

۲-۳- طراحی سیستم‌های عصبی-فازی و نحوهٔ به‌دست آوردن نمره‌های SD

پس از تکمیل داده‌ها دربارهٔ ۵۳ تأمین‌کنندهٔ منتخب، سیستم‌های عصبی-فازی با سه روش منقطع‌سازی شبکه‌ای[۴۷]، خوشه‌بندی کاهشی[۴۸] و سی- میانگین فازی[۴۹] برای هر مقوله و SD طراحی شد. ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان داده‌های آموزش، ۱۵ درصد به‌عنوان داده‌های تست و ۱۵ درصد داده‌ها به‌عنوان داده‌های چک در نظر گرفته شد. هرکدام از سیستم‌های عصبی-فازی طراحی‌شده با دو روش کلاسیک به نام‌های هیبرید[۵۰] و پس‌انتشار[۵۱] و چهار روش تکاملی به‌نام‌های الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها[۵۲]، الگوریتم ژنتیک[۵۳]، بهینه‌سازی ازدحام ذرات[۵۴] و تکامل تفاضلی[۵۵] تنظیم شد. فرایند حل مسئله با الگوریتم‌های فراابتکاری به این صورت بود که پس از طراحی شبکهٔ عصبی-فازی، آن را با یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری آموزش می‌دادیم و این آموزش تا جایی ادامه پیدا می‌کرد که حداقل RMSE را به دست دهد؛ به‌عبارتی، سیستم عصبی-فازی طراحی‌شده می‌توانست با کمترین خطا، پیش‌بینی را انجام دهد؛ سپس مقدار RMSE برای الگوریتم مدنظر یادداشت و نمودارهای مربوط ذخیره می‌شد. شایان ذکر است، گاهی اوقات در فرآیند اجرای مدل و رسیدن به حداقل خطا، در پارامترهای الگوریتم مدنظر نیز تغییرات مناسب داده می‌شد تا به کمترین خطا برسیم. برای هرکدام از مقوله‌های چهارگانه و همچنین SD، ۱۸ مدل (درمجموع ۹۰ مدل) طراحی و اجرا شده و از بین آنها بهترین ترکیب طراحی-تنظیم انتخاب و براساس آن، نمرهٔ تأمین‌کنندگان برای توسعهٔ مقولهٔ مربوط و SD پیش‌بینی شده است. سیستم عصبی-فازی اول با پنج معیار ورودی و یک خروجی به نام قابلیت‌های ملموس، سیستم عصبی-فازی دوم با پنج معیار ورودی و یک خروجی به نام قابلیت های ناملموس، سیستم عصبی-فازی سوم با چهار معیار ورودی و یک خروجی به نام روابط، سیستم عصبی-فازی چهارم با سه معیار ورودی و یک خروجی به نام قابلیت‌های محیطی و سیستم عصبی-فازی پنجم با چهار مقولهٔ ورودی (خروجی چهار سیستم مرتبط با مقوله‌ها) و یک خروجی به نام SD است. برای هرکدام از مقوله‌ها و SD، ابتدا ورودی‌ها مشخص شد؛ سپس با به‌کارگیری توابع، عضویت فازی از نوع مثلثی وارد سیستم شد. برای هرکدام از توابع، عضویت سه عبارت کم، متوسط و زیاد در نظر گرفته شد. خروجی‌ها با روش میانگین وزنی دیفازی، تجزیه‌وتحلیل شد. در ادامهٔ این بخش، خلاصه‌ای از سیستم‌های عصبی-فازی و الگوریتم‌های فراابتکاری را توضیح می‌دهیم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳-۳- سیستم‌های عصبی-فازی

شبکه‌های عصبی-فازی، یک طرح هوشمند ترکیبی است که از جزء منطق فازی و شبکه‌های عصبی نشأت گرفته است. شبکه‌های عصبی قابلیت یادگیری از روی داده‌ها را دارند (بحیرایی و همکاران، ۱۳۹۵). اساس سیستم‌های عصبی-فازی، بر پایهٔ مجموعه داده‌های ورودی/خروجی یک سیستم استنتاج فازی (FIS) است. همانند سیستم‌های فازی، ساختار ANFIS نیز از دو بخش تشکیل شده است. این دو بخش با قواعد فازی در فرم یک شبکه، به یکدیگر متصل می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۸). ساختارهای مختلفی برای اجراکردن یک سیستم فازی توسط شبکه‌های عصبی پیشنهاد شد که یکی از پرقدرت‌ترین این ساختارها، ساختاری موسوم به سیستم استنتاج فازی- عصبی انطباقی است که جانگ[۵۶] (۱۹۹۳) آن را ابداع کرد و پنج لایه دارد:

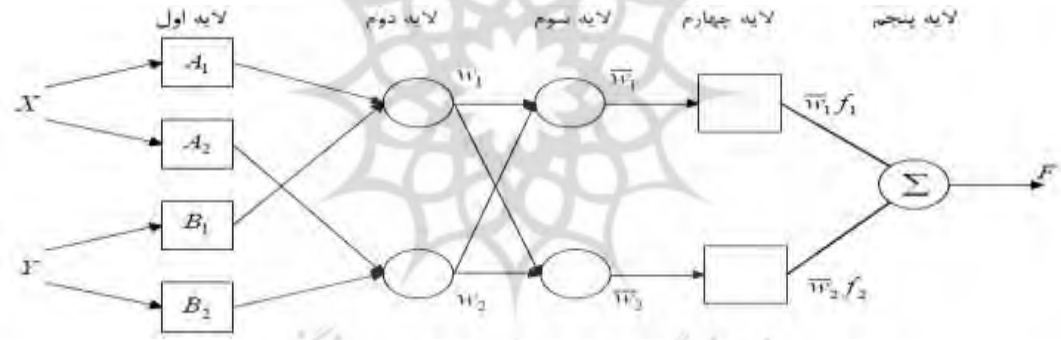
لایهٔ اول، لایهٔ ورودی و خروجی توابع عضویت است. لایهٔ دوم، لایهٔ قوانین نام دارد و همهٔ گره‌ها در این لایه ثابت است و در آن قدرت هر قاعده با استفاده از ضرب جبری ارائه می‌شود. در این لایه، هر گره از حاصل ضرب مقادیر ورودی در لایهٔ قبلی، به دست می‌آید و ارزش به‌دست‌آمده، نشان‌دهندهٔ قدرت اجرایی قاعده است. لایهٔ سوم، لایهٔ نرمال‌سازی نام دارد و در آن قدرت قاعده (قانون)، با رابطهٔ زیر، نرمال‌سازی می‌شود که در آن w_i وزن i امین قاعده است. این لایه وزن قاعده را برای مجموع وزن قواعد، محاسبه می‌کند (رابطه۱).

$$\overline{w} = \frac{w_i}{\sum w_i} \qquad (۱)$$

لایهٔ چهارم، لایهٔ انطباقی است و در آن هر گره، یک تابع خطی است و ضرایب این تابع با ترکیبی از تقریب حداقل مجذورات و روش استفاده‌شده، تعدیل می‌شود و درنهایت، لایهٔ پنجم که لایهٔ خروجی است و در آن نتایج، به‌عنوان مجموعه‌ای از خروجی گره‌های لایهٔ قبلی، مطابق رابطهٔ (۲) به دست آمده است. در رابطهٔ (۲)، $\overline{w}_i f_i$، خروجی گره i ام در لایهٔ قبلی است (گوان[۵۷] و همکاران، ۲۰۰۸).

$$\sum_i \overline{w}_i f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i} \qquad (۲)$$

در شکل ۲ ساختار شبکه‌های عصبی–فازی نمایش داده شده است.



شکل۲- ساختار سیستم استنتاج فازی- عصبی انطباقی(جانگ، ۱۹۹۳)

در طراحی الگوی شبکهٔ عصبی، درواقع باید اندازهٔ مجموعهٔ آموزش و تست، نرمال‌کردن داده‌ها، تعداد لایه‌های پنهان شبکه، تعداد نورون‌های هر لایه، الگوریتم‌های آموزش، تابع تبدیل، تابع عملکرد، میزان آموزش و تعداد تکرارها مشخص شود. در تعیین این موارد، روش‌های نظام‌مندی وجود ندارد؛ بنابراین، بهترین طراحی شبکه با استفاده از تجربه و آزمایش و خطا به دست می‌آید. اگر داده‌های نرمال‌نشده وارد شبکه شوند، به‌دلیل تغییرات زیاد داده‌ها، اثر متفاوتی بر شبکه می‌گذارد؛ به‌طوری‌که برخی نورون‌ها خیلی زود به مرحلهٔ آتش می‌رسند؛ درحالی‌که برخی دیگر حتی به آستانهٔ فعالیت نیز نمی‌رسند و این امر موجب می‌شود توان پیش‌بینی الگو کاهش یابد (طحاری مهرجردی و همکاران، ۱۳۹۱)؛ به‌همین‌دلیل در این پژوهش، داده‌ها با استفاده از رابطهٔ (۳) به عددی بین صفر و یک تبدیل شد؛ به‌عبارتی بهتر، به‌صورت خطی نرمال‌سازی شد.

$$y_{ij}^{*} = \frac{y_{ij} - Min\{y_{ij}\}}{Max\{y_{ij}\} - Min\{y_{ij}\}} \qquad (۳)$$

در رابطهٔ (۳)، y_{ij} نشان‌دهندهٔ نمرهٔ تأمین‌کننده در معیار j، مربوط به مقولهٔ i است.

در سیستمANFIS ، با افزایش تعداد ورودی‌ها در هر چهار تابع عضویت مثلثی، گوسی نوع ۱، گوسی نوع ۲ و ذوزنقه‌ای، دقت شبیه‌سازی افزایش می‌یابد. در این پژوهش، برای مقوله‌های توسعهٔ قابلیت‌های ملموس و ناملموس، بهترین شبیه‌سازی در تابع مثلثی و برای دو مقولهٔ دیگر، بهترین شبیه‌سازی در تابع ذوزنقه‌ای به دست آمد. قواعد با روش سوگنو تعریف می‌شود؛ مثال برای مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های ملموس که پنج ورودی دارد، با درنظر گرفتن سه حالت برای هرکدام از ورودی‌ها، تعداد قواعد برابر با ۳ به توان ۵ یعنی ۲۴۳ قاعده به دست آمد.

از آنجایی که شبکه‌های عصبی–مصنوعی، مبتنی بر داده است، آماده‌سازی داده‌ها، قدمی مهم و درواقع، کلید موفقیت در استفاده از شبکهٔ عصبی است. هرچقدر تعداد داده‌ها بیشتر باشد، می‌توان دربارهٔ تقریب ساختار نهفته در الگو، اطمینان بیشتری حاصل کرد (طحاری مهرجردی و همکاران، ۱۳۹۱). در این پژوهش، پس از طراحی سیستم عصبی–فازی برای هرکدام از مقوله‌ها با سه روش مدنظر و با درنظر گرفتن داده‌های آموزش، تست و چک به‌ترتیب با درصدهای ۷۰، ۱۵ و ۱۵، سیستمِ طراحی شده با روش‌های شش‌گانه آموزش داده و تنظیم شد. پس از آموزش و تنظیم سیستم عصبی–فازی طراحی‌شده، بهترین ترکیب طراحی شد و تنظیم به دست آمد. نکتهٔ مهم و شایان ذکر این است که تعداد قواعد سیستم‌های عصبی–فازی نهایی‌شده کمتر از تعداد قواعد سیستم‌های عصبی–فازی اولیه است. برای مثال تعداد قواعد سیستم عصبی–فازی مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های ملموس، پس از تنظیم با GA به ۶۱ قاعده کاهش پیدا کرد؛ در صورتی که سیستم عصبی–فازی اولیه در این مقوله ۲۴۳ قاعده داشت. نکتهٔ حائز اهمیت بعدی این است که وقتی یک سیستم عصبی–فازی با یک الگوریتم فراابتکاری تنظیم می‌شود، سیستم عصبی–فازی تنظیم‌شده با تعداد قواعد کمتر، پیش‌بینی‌های دقیق‌تری (با خطای کمتری) دارد.

۳-۵- روش‌های سنتی

روش پس‌انتشار داده‌های ورودی را درون شبکه به جلو می‌فرستد و اختلاف بین خروجی محاسبه‌شده و خروجی ایده‌آل را برای داده‌های آموزش محاسبه می‌کند. در مرحلهٔ بعد، خطا دوباره به درون شبکه برگردانده می‌شود و وزن‌های بهینه در طی مراحل تکرار تعیین می‌شود و این مراحل تا زمان نزدیک‌شدن مقادیر خروجی محاسبه‌شده به مقادیر ایده‌آل ادامه می‌یابد (محبیان و همکاران، ۱۳۹۷)؛ اما روش **هیبرید**، ترکیبی از تخمین حداقل مجذورات و پس‌انتشار را استفاده می‌کند (متلب، ۲۰۱۴).

۳-۶- الگوریتم‌های فراابتکاری

الگوریتم‌های فراابتکاری یا تکاملی، بیشتر به‌عنوان الگوریتم‌های بهینه‌سازی همه‌منظوره شناخته می‌شود که قادر به پیداکردن جواب‌های نزدیک به بهینه، برای مسائل ریاضی و واقعی است (منصوری و ترابی، ۱۳۹۴). در این پژوهش از چهار روش ACO، GA، PSO و DE، به‌دلیل سازگاری آنها با سیستم استنتاج عصبی–فازی و به‌کارگیری آنها در مطالعات مختلف استفاده می‌شود.

ساختار ACO، به کاربر اجازهٔ حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی (گسسته–پیوسته) را می‌دهد. قانون الگوریتم مورچگان پیوسته در انتخاب مقادیر متغیر، در فضای جستجو با توزیع احتمال پیوسته بیان می‌شود.

GA با استفاده از این ایده، اقدام به حل مسائل می‌کند که در طبیعت از ترکیب کروموزوم‌های بهتر، نسل‌های بهتری پدید می‌آید و در این بین، گاهی اوقات جهش‌هایی نیز در کروموزوم‌ها روی می‌دهد که ممکن است باعث بهتر شدن نسل بعدی شود (سموئی و فتاحی، ۱۳۹۶). در الگوریتم ژنتیک، راه‌حل ممکن یک مسئله، به‌صورت رشته‌ای از بیت‌ها نشان داده می‌شود که طی فرآیندی تصادفی، مکرراً به یکدیگر تبدیل می‌شوند. این رشته‌های بیتی «افراد ژنتیکی» خوانده می‌شود. به هر فرد ژنتیکی یک برازندگی تخصیص می‌یابد که بیانگر میزان کارآیی آن فرد در حل مسئلهٔ پیش رو است. (ریچمن[۵۸]، ۲۰۰۱).

درPSO، حرکت دلپذیر و رقص‌گونهٔ گروه پرندگان یا ماهی‌ها شبیه‌سازی می‌شود و مطالعات آن به‌عنوان بخشی از پژوهش اجتماعی–شناختی براساس تفکر «هوش جمعی» در جوامع زیستی صورت گرفته است (اسماعیل‌زاده و همکاران،۱۳۹۲).این روش با یک گروه از جواب‌های تصادفی (ذرات) شروع به کار می‌کند و به تمام آنها به‌صورت تصادفی مکان و سرعتی اختصاص می‌دهد. برای یافتن بهترین جواب، ذرات را باید بر فراز فضای جواب به حرکت درآورد و هرگاه یکی از آنها جواب مناسبی یافت، یافته‌های خود را در اختیار سایر ذرات قرار می‌دهد تا آنها نیز به سمت بهترین جواب حرکت کنند. (سموئی و فتاحی، ۱۳۹۶).

DE چهار مرحلهٔ ارزش‌دهی، جهش، تقاطع یا بازترکیبی و انتخاب دارد. این الگوریتم به‌منظور غلبه بر عیب اصلی GA؛ یعنی فقدان جستجوی محلی ارائه شده است. تفاوت اصلی بین GA و DE در ترتیب مراحل جهش، بازترکیبی و همچنین نحوهٔ کار عملگر انتخاب است. DE از یک اپراتور تفاضلی برای تولید جواب‌های جدید بهره می‌گیرد که این اپراتور باعث مبادلهٔ اطلاعات بین اعضای جمعیت می‌شود. یکی از مزایای این الگوریتم، داشتن حافظه است که اطلاعات جواب‌های مناسب در جمعیت فعلی را حفظ می‌کند. دیگر مزیت این الگوریتم، به مرحلهٔ انتخاب آن مربوط است. در این الگوریتم، همهٔ اعضای یک جمعیت شانس مساوی برای انتخاب‌شدن به‌عنوان یکی از والدین را دارند (منصوری و ترابی، ۱۳۹۴).

نتایج همهٔ روش‌های به‌کار گرفته‌شده، براساس جذر میانگین مربعات خطا[۵۹] و خط رگرسیون[۶۰] با هم مقایسه می‌شود. RMSE دقت و اعتبار داده‌ها را نشان می‌دهد و از رابطهٔ (۴) محاسبه می‌شود (معماریان فرد و بیگی هرچگانی، ۱۳۸۸)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{N}(A_t - F_t)^2}{N}} \qquad (۴)$$

RMSE، یک ابزار خوب برای مقایسهٔ مجموعه‌ای از داده‌هاست و تفاوت‌های مجزا را در یک عدد، جمع‌آوری می‌کند. هرچقدر مقدار RMSE کمتر باشد، روش استفاده‌شده خطای کمتری دارد. در رابطهٔ فوق، At مقادیر هدف (مقادیر واقعی) و Ft مقادیر خروجی (مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل) است. R، خط رگرسیون بین مقادیر خروجی و هدف را نشان می‌دهد. هرچقدر مقدار R بیشتر باشد، دقت روش استفاده‌شده برای پیش‌بینی بیشتر خواهد بود.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مدیران ارشد شرکت‌های ایران‌خودرو و سایپا، ابتدا باید براساس معیارهای مرتبط با هر مقوله، تأمین‌کنندگان منتخب را با عددی بین ۰ تا ۱۰۰ ارزیابی می‌کردند؛ سپس، براساس

ارزیابی انجام‌شده و وزن یا اهمیتی که به‌طور ذهنی برای هرکدام از معیارها در نظر می‌گیرند، یک نمره بین ۰ تا ۱۰۰ برای مقولهٔ مدنظر از تأمین‌کنندگان منتخب نیز پیش‌بینی می‌کردند. درنهایت، براساس ارزیابی انجام‌شده از چهار مقوله و وزن یا اهمیتی که به‌طور ذهنی برای هرکدام از مقوله‌ها در نظر می‌گیرند، یک نمره بین ۰ تا ۱۰۰ برای SD، از تأمین‌کنندگان منتخب نیز پیش‌بینی می‌کردند. شایان ذکر است، با توجه به اینکه هرکدام از مدیران، داده‌های مربوط به تأمین‌کنندگانی را تکمیل می‌کردند که با آنها در تعامل بودند و یا آشنایی داشتند، برای تکمیل ۱۰ جدول که مدنظر پژوهشگران بود، براساس نظرات حدود ۳۰ الی ۴۰ مدیر، برای ۵۳ تأمین‌کنندهٔ منتخب، داده‌های مزبور گردآوری شد. در ادامه، یک نمونه از یک رشته جواب آمده است. y_{ij} نشان‌دهندهٔ نمرهٔ تأمین‌کننده، در معیار j مربوط به مقولهٔ i است.

y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	y_{25}	y_{31}	y_{32}	y_{33}	y_{34}	y_{41}	y_{42}	y_{43}
۲۳	۱۸	۹۶	۵۸	۸۴	۳۵	۷۷	۱۰۰	۹۲	۸۶	۶۴	۳۷	۴۶	۹۸	۲	۱۷	۱۰۰

در بالا یک کروموزوم تصادفی با ۱۷ ژن (معیارهای مرتبط با SD) نشان داده شده است. y_{11} الی y_{15} مربوط به معیارهای مقولهٔ اول، y_{21} الی y_{25} مربوط معیارهای به مقولهٔ دوم، y_{31} الی y_{34} مربوط به معیارهای مقولهٔ سوم و y_{41} الی y_{43} مربوط به معیارهای مقولهٔ چهارم است. اگر بخواهیم رشتهٔ جواب را برای مقوله‌ها به‌طور جداگانه بنویسیم، باید ژن‌های مربوط به هرکدام از مقوله‌ها را در یک کروموزوم جداگانه بنویسیم. به‌عنوان مثال، برای مقولهٔ اول به صورت زیر خواهد بود:

y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}
۲۳	۱۸	۹۶	۵۸	۸۴

۷-۳- رویهٔ تحلیل حساسیت مقوله‌ها و پیشنهاد فعالیت‌های مناسب برای SD

برای تحلیل حساسیت مقوله‌های چهارگانه و تعیین میزان اهمیت آنها در SD، از رویه‌ای استفاده می‌کنیم که رضایی و آرت[۶۱](۲۰۱۳) در مطالعه‌شان به کار برده‌اند.

گام اول: پس از به‌دست آوردن نمرهٔ نهایی تأمین‌کنندگان با استفاده از سیستم فازی- عصبی مناسب، مقولهٔ اول را از ورودی‌های سیستم حذف می‌کنیم. **گام دوم:** قدرمطلق تغییرات نمرهٔ نهایی همهٔ تأمین‌کنندگان را محاسبه می‌کنیم. **گام سوم:** متوسط قدرمطلق تغییرات نمره‌های نهایی تأمین‌کنندگان را به دست می‌آوریم. **گام چهارم:** برای همهٔ مقوله‌ها، گام‌های فوق را تکرار می‌کنیم. **گام پنجم:** اعداد به‌دست‌آمده از گام سوم را به‌صورت نزولی مرتب می‌کنیم. این عمل موجب اولویت‌بندی مقوله‌های مختلف ازلحاظ میزان اثرگذاری در SD می‌شود. **گام ششم:** با توجه به میزان اهمیت مقوله‌های مختلف، فعالیت‌های مناسب برای توسعهٔ آنها پیشنهاد می‌شود. شایان ذکر است، برای پیشنهاد فعالیت‌های مناسب، از فعالیت‌های شناسایی‌شده توسط الفت و همکاران (۲۰۱۹) استفاده می‌شود که در جدول ۵ آمده است.

جدول۵- ابعاد، مقوله‌ها و فعالیت‌های مرتبط با SD (الفت و همکاران، ۱۳۹۸)

	ابعاد	مقوله‌ها	فعالیت‌های مرتبط
توسعهٔ تأمین‌کننده	قابلیت‌های درونی	ملموس	ارزیابی قابلیت‌های ملموس تأمین‌کننده و بازخور نتایج
			ایجاد استانداردهای کیفی به‌روز (فشار رقابتی)
			کاهش پایهٔ تأمین (کاهش تعداد تأمین‌کنندگان)
			بخش‌بندی تأمین‌کنندگان به‌منظور توسعهٔ آنها
			ایجاد مشوق‌ها براساس بهبود طراحی و طرح‌های جدید
			سرمایه‌گذاری و درگیری مستقیم در عملیات تأمین‌کننده
		ناملموس	ارزیابی قابلیت‌های ناملموس تأمین‌کننده و بازخور نتایج
			آموزش و به‌روزکردن تأمین‌کننده
			تشکیل تیم SD به‌طور مشترک
			ایجاد شبکه‌های دانشی و یادگیری
			اخذ تعهدات مالی و غیرمالی برای اجرای برنامه‌های SD
			ایجاد مکانیزم‌هایی برای اعتماد داشتن به یکدیگر
			افزایش انتظارات عملکردی از تأمین‌کننده و انتقال شفاف آنها
	قابلیت‌های بیرونی	روابط	ارزیابی روابط تأمین‌کننده و بازخور نتایج
			تسهیم به‌موقع اطلاعات با یکدیگر
			انعقاد قراردادهای بلندمدت با تأمین‌کننده و گسترش آنها
			هماهنگ‌کردن فرآیندها، اهداف و اقدامات با یکدیگر
			تعیین اهداف بلندمدت و چالشی به‌طور مشترک
			ایجاد ارتباطات همکارانه و یا شراکت
			به‌کارگیری ابزارهای ارتباطی مناسب
			توسعهٔ استراتژی‌های همکاری در سطح زنجیرهٔ تأمین
			ترویج فرهنگ رقابتی بین زنجیره‌های تأمین
			پاسخگوکردن زنجیرهٔ تأمین
		محیطی	ارزیابی عملکرد محیطی تأمین‌کننده و بازخور نتایج
			تسهیم اطلاعات محیطی، اخلاقی و مسئولیت اجتماعی
			اخذ گواهینامه‌های محیطی و اجتماعی
			تدوین برنامه‌های بهبود کیفیت زندگی جوامع هدف
			تدارکات سبز و هوشیارانهٔ محیطی
			فعالیت‌های لجستیک معکوس
			تلاش‌های مشترک برای بهبود عملکرد پایداری

۴- یافته‌های پژوهش

در این بخش، ابتدا نتایج سیستم‌ها طراحی و بهینه شده است؛ سپس، نتایج تحلیل حساسیت و فعالیت‌های پیشنهادی مناسب برای توسعهٔ تأمین‌کنندگان آورده می‌شود. برای جلوگیری از افزایش حجم مقاله، در بخش ۴-۱، فقط نتایج ۱۸ سیستم برای مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های ملموس طراحی و تنظیم شده و در جداول ۶ و ۷ نیز فقط محاسبات مربوط به سه تأمین‌کنندهٔ اول و تأمین‌کنندهٔ آخر برای نمونه آورده شده است.

۱-۴- سیستم استنتاج عصبی-فازی برای مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های ملموس

براساس جدول۴ این سیستم، شامل ۵ معیار به‌عنوان ورودی و یک خروجی به نام قابلیت‌های ملموس است. نتایج سیستم‌های استنتاج عصبی-فازی برای این مقوله به شرح جدول۶ است:

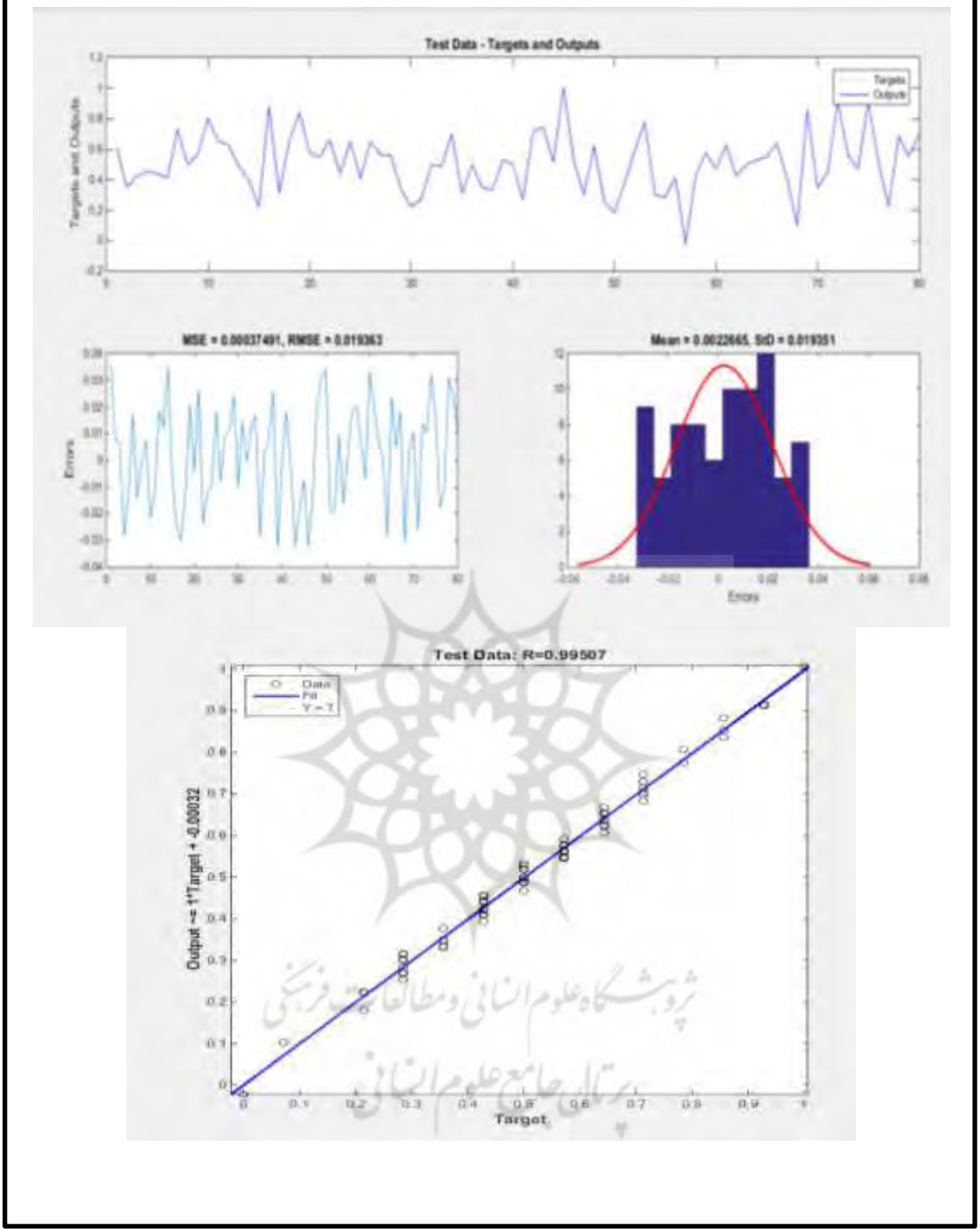
جدول۶- نتایج ترکیب‌های مختلف روش‌های طراحی و تنظیم مقولهٔ قابلیت‌های ملموس برای داده‌های تست

روش طراحی / روش بهینه‌سازی	منقطع‌سازی شبکهٔ ای	خوشه‌بندی کاهشی	سی-میانگین فازی
هیبرید	RMSE=۰/۰۱۱ R=۰/۸۶۲۰۴	RMSE=۰/۰۲۸ R=۰/۹۸۹۴۱	RMSE=۰/۰۲۳ R=۰/۹۹۲۶۱
پس‌انتشار	RMSE=۰/۰۲۴ R=۰/۹۹۲۲۳	RMSE=۰/۰۲۲ R=۰/۹۹۳۶۹	RMSE=۰/۰۲۱ R=۰/۹۹۳۶۲
کلونی مورچگان	RMSE=۰/۰۱۹ R=۰/۱۵۷۴۱	RMSE=۰/۰۳۳ R=۰/۹۸۵۴۶	RMSE=۰/۰۱۹ R=۰/۹۹۵۰۷
تکامل تفاضلی	RMSE=۰/۱۹ R=۰/۱۳۱۳۷	RMSE=۰/۰۳۳ R=۰/۹۸۵۴۶	RMSE=۰/۰۱۹ R=۰/۹۹۵۰۷
ژنتیک	RMSE=۰/۱۹ R=۰/۲۱۶۵۳	RMSE=۰/۰۳۳ R=۰/۹۸۵۶۹	RMSE=۰/۰۱۹ R=۰/۹۹۵۰۷
توده‌ای ذرات	RMSE=۰/۱۹ R=۰	RMSE=۰,۰۳۶ R=۰/۹۸۶۳۴	RMSE=۰/۰۲۴ R=۰/۹۹۲۴۱

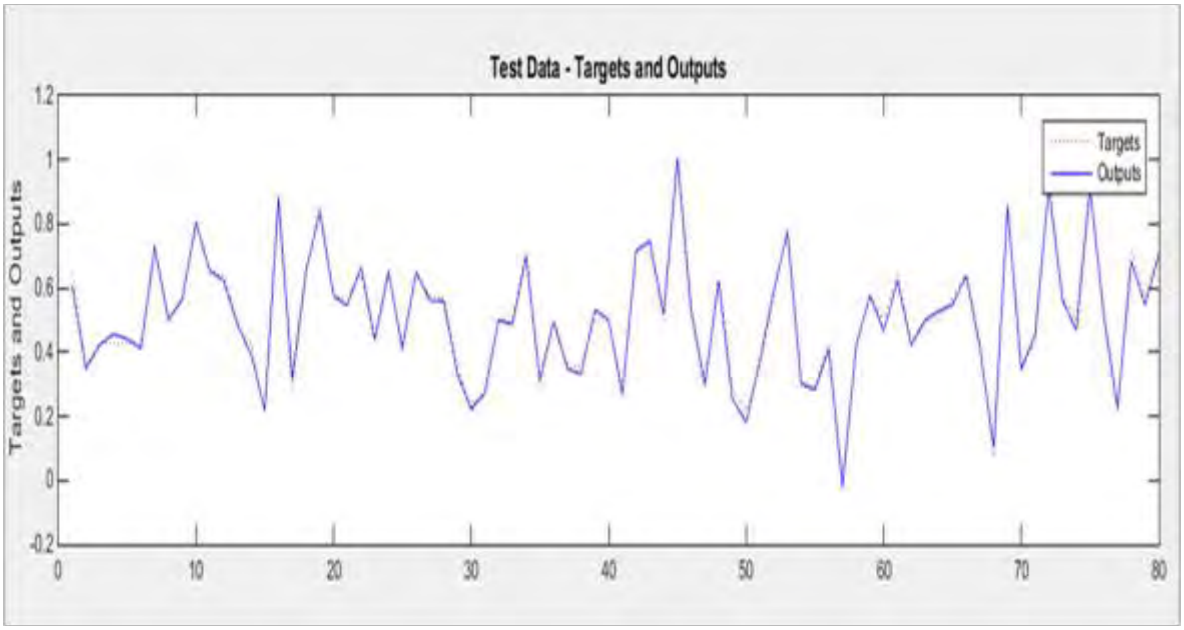
براساس مقدار R، ترکیب‌های FCM-ACO، FCM-DE و FCM-GA نتایج بهتری به دست داده است؛ بنابراین، یکی از آنها به‌دلخواه انتخاب می‌شود. در اینجا ما ترکیب FCM-GA را انتخاب می‌کنیم و در ادامه، شکل‌های مربوط به این ترکیب را می‌آوریم.

در شکل ۳، نمودار اول که در قسمت بالای شکل آمده است، مقادیر خروجی ترکیب استفاده‌شده (Outputs) و مقادیر هدف (Targets) را با یکدیگر مقایسه می‌کند. مقادیر خیلی نزدیک به یکدیگر است که نشان‌دهندهٔ دقت ترکیب استفاده‌شده برای پیش‌بینی است. به‌منظور مشخص‌شدن نقاط مربوط به داده‌ها، این نمودار مجدداً در شکل ۴ نمایش داده شده است.

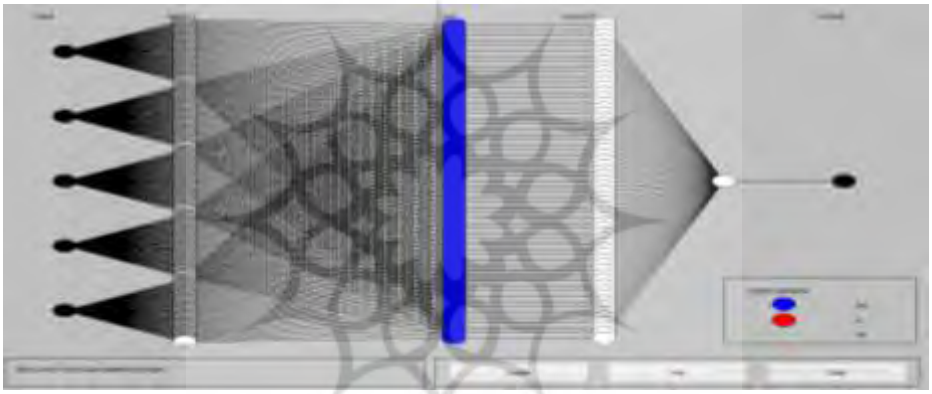
نموداری که در وسط و سمت چپ شکل۳ قرار دارد، مقادیرخطاها را در داده‌ها نشان می‌دهد که از اختلاف بین مقادیر خروجی و هدف به دست می‌آید. نمودار وسط و سمت راست، توزیع مربوط به خطاها را نشان می‌دهد و هرچقدر به توزیع نرمال نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ دقت بیشتر ترکیب استفاده‌شده است. نمودار پایین، خط رگرسیون بین مقادیر خروجی و هدف را نشان می‌دهد که هرچقدر مقدار R مربوط به این نمودار بیشتر باشد، دقت ترکیب استفاده‌شده برای پیش‌بینی بیشتر خواهد بود. سیستم FCM-GA از طریق FCM طراحی و با GA تنظیم شده است که شامل ۶۱ قاعده است (شکل‌های ۵ و ۶). در شکل ۵ قواعد ۱ تا ۳۰ نمایش داده شده است. برای به‌دست آوردن نمرهٔ تأمین‌کنندگان در قابلیت‌های ملموس، میانگین نمره‌ها را در معیارهای مرتبط به این سیستم وارد کرده‌ایم و خروجی آن را، در ستون نمرهٔ قابلیت‌های ملموس جدول۶ ثبت می‌کنیم.



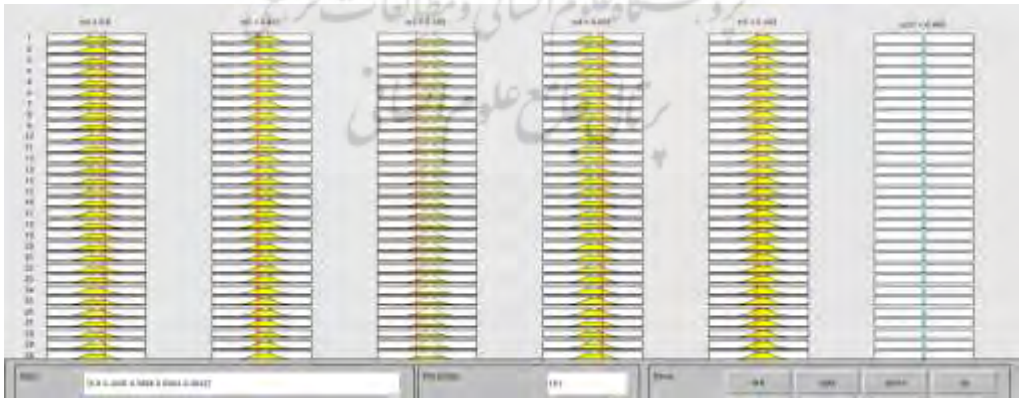
شکل۳- نتایج ترکیب **FCM-GA** برای قابلیت‌های ملموس



شکل۴- مقایسهٔ مقادیر خروجی ترکیب استفاده‌شده (Outputs) و مقادیر هدف (Targets)



شکل ۵- شبکهٔ عصبی FCM-GA برای پیش‌بینی نمرهٔ قابلیت‌های ملموس



شکل ۶- سیستم FCM-GA برای پیش‌بینی نمرهٔ قابلیت‌های ملموس

برای مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های ناملموس ترکیب FCM-ACO، برای مقولهٔ توسعهٔ یه روابط ترکیب FCM-GA، برای مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های محیطی نیز ترکیب FCM-GA و برای SD ترکیب FCM-ACO انتخاب و نمره‌های تأمین‌کنندگان برای آنها پیش‌بینی شده است. در جدول ۷ نمره‌های تأمین‌کنندگان در چهار مقوله و SD آمده است.

جدول۷- نمره‌های تأمین‌کنندگان منتخب در مقوله‌ها و SD

تأمین‌کنندگان	قابلیت‌های ملموس	قابلیت‌های ناملموس	روابط	قابلیت‌های محیطی	SD	میانگین نظرهای خبرگان دربارهٔ SD
S_1	۰/۷۷۵	۰/۵۴۳	۰/۲۶	۰/۴۰۲	۰/۴۶۶	۰/۴۶۲۵۰
S_2	۰/۳۴۵	۰/۴۲۳	۰/۹۴	۰/۴۳۶	۰/۵۷	۰/۵۱۲۵۰
S_3	۰/۷۲	۰/۶۴۵	۰/۵۴۹	۰/۶۹	۰/۷۸۷	۰/۵۷۵
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
S_{53}	۰/۴۸۶	۰/۵۹۱	۰/۵۷۹	۰/۵۷۹	۰/۶۱۱	۰/۵۸۷۵

در ستون آخر، میانگین نظرهای مدیران دربارهٔ ۵۳ تأمین‌کنندهٔ منتخب محاسبه شده است. با استفاده از نرم‌افزار اکسل، همبستگی بین آنها و نمرهٔ پیش‌بینی‌شده توسط سیستم استنتاج عصبی-فازی محاسبه و مقدار آن ۰/۸۴۳ به دست آمد که نشان‌دهندهٔ دقت خوب سیستم استنتاج عصبی-فازی طراحی شده است.

۴-۳- نتایج تحلیل حساسیت و پیشنهاد فعالیت‌های مناسب برای SD

پس از طراحی سیستم‌های استنتاج عصبی-فازی مناسب برای مقوله‌ها و SD، طبق گام‌های گفته‌شده در بخش ۳-۶تحلیل حساسیت مقوله‌ها انجام می‌شود. درجدول۸ اطلاعات مربوط به تحلیل حساسیت آمده است.

جدول۸- نمرهای SD بدون مقوله‌های مختلف و میانگین قدرمطلق تغییرات نمره‌ها برای آنها

تأمین‌کنندگان	نمرهٔ SD بدون قابلیت‌های ملموس	قدرمطلق تغییرات	نمرهٔ SD بدون قابلیت‌های ناملموس	قدرمطلق تغییرات	نمرهٔ SD بدون مقولهٔ روابط	قدرمطلق تغییرات	نمرهٔ SD بدون قابلیت‌های محیطی	قدرمطلق تغییرات
S_1	۰/۱۰۶	۰/۳۶	۰/۱۸۵	۰/۲۸۱	۰/۳۳۱	۰/۱۳۵	۰/۲۶۵	۰/۲۰۱
S_2	.۰/۴۱	۰/۱۶	۰/۳۵۱	۰/۲۱۹	۰/۴۳۶	۰/۱۳۴	۰/۳۵۲	۰/۲۱۸
S_3	۰/۴۵۳	۰/۳۳۴	۰/۴۵۳	۰/۳۳۴	۰/۵۰۳	۰/۲۸۴	۰/۴۴۲	۰/۳۴۵
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
S_{53}	۰/۳۸۵	۰/۲۲۶	۰/۳۰۴	۰/۳۰۷	۰/۳۱۱	۰/۳	۰/۳۲۱	۰/۲۹
میانگین		**۰/۲۴۱۶۷۲**		**۰/۲۷۴۲۷۳**		**۰/۲۳۴۸۶۸**		**۰/۲۹۶۰۷**

با توجه به نتایج جدول۸، مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های محیطی، حساس‌ترین مقولهٔ SD است؛ زیرا میانگین قدرمطلق تغییرات نمره‌های SD برای آن بیشترین است. رتبهٔ دوم، به مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های ناملموس مربوط است. رتبهٔ سوم و چهارم ازلحاظ حساس‌بودن، به‌ترتیب مربوط به توسعهٔ قابلیت‌های ملموس و توسعهٔ روابط است. این نتایج نشان می‌دهد در صنعت خودروی ایران، توسعهٔ قابلیت‌های محیطی تأمین‌کنندگان، نسبت‌به سه مقولهٔ دیگر اثر

بیشتری بر توسعهٔ آنها دارد و به آن معنی است که تولیدکنندگان صنعت خودروسازی ایران برای توسعهٔ تأمین‌کنندگان خود، ابتدا باید فعالیت‌های مرتبط با توسعهٔ قابلیت‌های محیطی را به کار گیرند، طبق نتایج جدول ۴ این فعالیت‌ها، شامل ارزیابی عملکرد محیطی تأمین‌کننده و بازخور نتایج، تسهیم اطلاعات محیطی، اخلاقی و مسئولیت اجتماعی، اخذ گواهینامه‌های محیطی و اجتماعی، تدوین برنامه‌های بهبود کیفیت زندگی جوامع هدف، تدارکات سبز و هوشیارانهٔ محیطی، فعالیت‌های لجستیک معکوس و تلاش‌های مشترک برای بهبود عملکرد پایداری است.

همانطور که گفته شد، اولویت دوم برای توسعهٔ تأمین‌کنندگان، توسعهٔ مقولهٔ قابلیت‌های ناملموس است. طبق نتایج جدول ۴، فعالیت‌های پیشنهادی برای توسعهٔ این مقوله، شامل ارزیابی این قابلیت‌ها و بازخور نتایج، آموزش و بروزکردن، تشکیل تیم SD و... است.

اولویت سوم، توسعهٔ مقولهٔ قابلیت‌های ملموس است که شامل قابلیت‌هایی مثل قابلیت کیفیتی، قابلیت تکنولوژیکی و... است. فعالیت‌های پیشنهادی برای توسعهٔ این مقوله، شامل ارزیابی قابلیت‌های ملموس و بازخور نتایج، فشار رقابتی، کاهش پایهٔ تأمین و... است.

آخرین اولویت مربوط به توسعهٔ مقولهٔ روابط است. فعالیت‌های پیشنهادی برای توسعهٔ این مقوله، شامل ارزیابی روابط و بازخور نتایج، تسهیم به‌موقع اطلاعات با یکدیگر، انعقاد قراردادهای بلندمدت با تأمین‌کننده و گسترش آنها، هماهنگ‌کردن فرآیندها و... است.

۵- بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها برای هر مقوله و SD، دریافتیم که در همهٔ آنها روش‌های غالب برای **تنظیم** سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی، روش‌های بهینه‌سازی تکاملی بوده است. این یافته نشان می‌دهد برای داده‌های این پژوهش، روش‌های بهینه‌سازی تکاملی به‌منظور **تنظیم** سیستم استنتاج عصبی-فازی مناسب است. این یافته بیانگر این نیست که روش‌های بهینه‌سازی تکاملی همواره و برای همهٔ مسائل، نسبت‌به روش‌های سنتی غالب است.

جدول۸ نشان می‌دهد روش بهینه‌سازی ACO در همهٔ سیستم‌ها، روش بهینه‌سازی DE در چهار سیستم، روش بهینه‌سازی GA در دو مقوله، به‌عنوان روش‌های غالب شناسایی شد؛ اما روش بهینه‌سازی PSO در هیچ‌کدام از مقوله‌ها غالب نبود. این یافته نشان می‌دهد برای داده‌های این پژوهش، اولویت‌بندی روش‌های بهینه‌سازی تکاملی به صورت $ACO > DE > GA > PSO$ است. مقایسهٔ دو الگوریتم بهینه‌سازی، به بررسی‌های زیادی نیاز دارد. هر الگوریتم در دستهٔ خاصی از مسائل، خوب جواب خواهد داد. پیداکردن این دسته برای هر الگوریتم نیز به بررسی زیادی نیاز دارد؛ البته نتیجه‌گیری‌هایی در حد کلی دربارهٔ آنها می‌توان داشت؛ ولی درنهایت، باید بررسی را به مسئلهٔ مدنظر محدود کرد؛ حتی مسائلی وجود دارد که در آنها، جستجوی غیرهوشمند تصادفی، جوابی بهتر از الگوریتم‌های هوشمند و روش‌های بهینه‌سازی تکاملی می‌دهد. درهرصورت، تنها نکته‌ای که می‌توان با قوت تمام و با پشتوانهٔ علمی بیان کرد؛ این است که، هیچ الگوریتمی برای تمام مسائل بهینه‌سازی بهترین نیست. برتری یک الگوریتم در تعداد زیادی از توابع باید بررسی شود. نکتهٔ دیگر، نسخه‌های الگوریتم‌ها است؛ بهترین کار این است

که، دو نسخه، از ساختار برنامه‌نویسی مشابهی برخوردار باشد؛ یعنی مثلاً نسخه‌های استاندارد دو الگوریتم با هم مقایسه شود؛ نه اینکه یک نسخهٔ بهبودیافته از یک الگوریتم با نسخهٔ استاندارد دیگری مقایسه شود.

جدول۹- وضعیت روش‌های بهینه‌سازی برای مقوله‌های مختلف و SD

روش بهینه‌سازی / مقوله	ACO	DE	GA	PSO
توسعهٔ قابلیت‌های ملموس	بله	بله	بله	خیر
توسعهٔ قابلیت‌های ناملموس	بله	بله	خیر	خیر
توسعهٔ روابط	بله	بله	بله	خیر
توسعهٔ قابلیت‌های محیطی	بله	خیر	خیر	خیر
SD	بله	بله	خیر	خیر

نمره‌های به‌دست‌آمده از سیستم‌های استنتاج عصبی-فازی نشان می‌دهد، تعداد تأمین‌کنندگانی که در توسعهٔ قابلیت‌های ملموس نمرهٔ قابل قبولی را کسب کرده‌اند؛ تقریباً برابر با تعداد تأمین‌کنندگانی است که در این مقوله نمرهٔ قابل قبولی را کسب نکرده‌اند. تعداد تأمین‌کنندگانی که در مقوله‌های توسعهٔ قابلیت‌های ناملموس و توسعهٔ قابلیت‌های محیطی نمرهٔ قابل قبولی گرفته‌اند (نمرهٔ بالاتر از ۰/۵)، بیشتر از تعداد تأمین‌کنندگانی است که در این مقوله‌ها نمرهٔ قابل قبولی نگرفته‌اند. این نسبت دربارهٔ مقولهٔ توسعهٔ روابط، برعکس است (جدول۱۰). این موضوع می‌تواند بیانگر این باشد که تأمین‌کنندگان صنعت خودروسازی ایران، درزمینهٔ توسعهٔ قابلیت‌های ناملموس و محیطی، توسعه‌یافته‌تر از مقوله‌های ملموس و روابط‌اند.

جدول ۱۰- تعداد تأمین‌کنندگان با نمره‌های قابل‌قبول و غیرقابل‌قبول در مقوله‌های محتلف

مقوله‌ها	تعداد تأمین‌کنندگان با نمرهٔ قابل‌قبول (بیشتر از ۰/۵)	تعداد تأمین‌کنندگان با نمرهٔ غیرقابل‌قبول (کمتر از ۰/۵)
توسعهٔ قابلیت‌های ملموس	۲۷	۲۶
توسعهٔ قابلیت‌های ناملموس	۳۳	۲۰
توسعهٔ روابط	۲۴	۲۹
توسعهٔ قابلیت‌های محیطی	۳۸	۱۵

در این پژوهش با استفاده از تحلیل حساسیت، مقوله‌های چهارگانه اولویت‌بندی شد. میانگین قدرمطلق تغییرات نمره‌های SD برای مقوله‌های چهارگانه نشان می‌دهد مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های محیطی، حساس‌ترین مقولهٔ توسعهٔ تأمین‌کننده است. مقوله‌های توسعهٔ قابلیت‌های ناملموس، توسعهٔ قابلیت‌های ملموس وتوسعهٔ روابط به‌ترتیب در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم قرار دارد. این نتایج نشان می‌دهد خبرگان در ارزیابی تأمین‌کنندگان، اهمیت و وزن بیشتری برای مقولهٔ توسعهٔ قابلیت‌های محیطی در نظر گرفتند. با توجه به اینکه نمرهٔ SD براساس نمرهٔ مقوله‌های چهارگانه به دست آمده است، تحلیل حساسیت در سطح مقوله‌ها انجام شده است. این یافته همچنین تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان صنعت خودروی ایران را ابتدا به فعالیت‌های مرتبط با توسعهٔ قابلیت‌های محیطی و سپس فعالیت‌های مرتبط با توسعهٔ سه مقولهٔ دیگر تشویق می‌کند.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش با کمک مدیران شرکت‌های ایران‌خودرو و سایپا، ۵۳ تـأمین‌کننـده از تـأمین‌کننـدگان گـروه‌هـای تزئینات، تعلیق، استاندارد و مکانیزم‌ها، الکترونیک، موتوری، بدنه و تهویه انتخاب شدند کـه در سـطوح ۱ و ۲ قـرار داشتند. تأمین‌کنندگان منتخب، براساس معیارهای نهایی‌شده توسط مدیران ایران‌خودرو و سایپا، با نمره‌ای بـین ۰ تـا ۱۰۰ ارزیابی شدند؛ سپس براساس نتایج ارزیابی مدیران از ۵۳ تـأمین‌کننـدهٔ منتخـب، بـرای هرکـدام از مقولـه‌هـای چهارگانه و توسعهٔ تأمین‌کننده، ۱۸ سیستم فازی-عصبی طراحی و تنظیم شد. با مقایسهٔ نتایج حاصـل از ۱۸ سیسـتم فازی-عصبی، بهترین ترکیب انتخاب و براساس آن نمرهٔ تأمین‌کنندگان در هر مقوله و توسعهٔ تأمین‌کننـده پـیش‌بینـی شد. تحلیل حساسیت در سطح مقوله‌ها انجام شد. نتایج تحلیل حساسـیت بـه اولویـت‌بنـدی مقولـه‌هـای چهارگانـه به‌صورت محیطی، ناملموس، ملموس و روابط منجر شد. براساس فعالیت‌های نهایی‌شده در بخش اول، فعالیت‌هـای مناسب برای توسعهٔ تأمین‌کنندگان در سطح صنعت خودروسازی پیشنهاد شد.

یکی از نقاط قوت این پژوهش، پیشنهاد فعالیت‌های مناسب با توجه به نتایج مقایسه و اولویـت‌بنـدی حاصـل از تحلیل حساسیت است. براساس نتایج مقایسهٔ الگوریتم‌ها، به مدیران صنعت خودروسـازی ایـران پیشـنهاد مـی‌شـود ترجیحاً از سیستم استنتاج عصبی-فازی کـه بـا ACO تنظـیم شـده اسـت، بـرای پـیش‌بینـی میـزان توسـعه‌یـافتگی تأمین‌کنندگان خود استفاده کنند؛ زیرا در همهٔ سیستم‌های طراحی‌شـده، بـه‌عنـوان سیسـتم برتـر (بـا خطـای کمتـر) شناسایی شده است. برای پیش‌بینی میزان توسعه‌یافتگی تأمین‌کنندگان نیز فقط کافی اسـت کـه ابتـدا تـأمین‌کننـدگان خودشان را براساس معیارهای مرتبط با SD ارزیابی و نمرهٔ مربوط را در سیستم طراحـی‌شـده وارد کننـد. براسـاس خروجی به‌دست‌آمده که به‌صورت یک عدد قطعی است، تولیدکنندگان می‌توانند، دربارهٔ فعالیت‌های مـرتبط توسـعهٔ آن تأمین‌کننده یا مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان مشابه، تصمیم مناسـب را بگیرنـد. براسـاس نتـایج حاصـل از تحلیـل حساسیت، به مدیران صنعت خودروسازی ایران پیشنهاد می‌شود فعالیت‌های مرتبط با توسـعهٔ قابلیـت‌هـای محیطـی تأمین‌کنندگان را در اولویت قرار دهند. این فعالیت‌ها شامل ارزیابی عملکرد محیطـی تـأمین‌کننـده و بـازخور نتـایج، تسهیم اطلاعات محیطی، اخلاقی و مسئولیت اجتماعی، اخذ گواهینامه‌های محیطی و اجتماعی، تـدوین برنامـه‌هـای بهبود کیفیت زندگی جوامع هدف، تدارکات سبز و هوشیارانهٔ محیطی، فعالیت‌های لجستیک معکوس و تـلاش‌هـای مشترک برای بهبود عملکرد پایداری است.

هر پژوهش علمی، معمولاً موجب پیشرفت و توسعهٔ یک موضوع در جنبهٔ تئوری یا جنبهٔ تجربی و اجرایی و یـا در هر دو جنبه می‌شود؛ اما می‌توان گفت، هیچ پژوهشی وجود ندارد که عـاری از هـر نـوع محـدودیتی باشـد. ایـن پژوهش توانسته است، جزء اولین پژوهش‌های داخلی باشد که نتایج الگوریتم‌های فراابتکاری سازگار با سیستم‌هـای عصبی-فازی را در موضوع SD با یکدیگر مقایسه کند؛ به علاوه اینکه، در جنبهٔ اجرایی نیز فعالیت‌های مناسب برای SD را به تولیدکنندگان صنعت خودرو پیشنهاد می‌کند؛ اما همانند هر پژوهش دیگری محـدودیت‌هـایی دارد کـه در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

در این پژوهش عوامل کلان، مانند عوامل سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و... در نظر گرفتـه نشـده اسـت. پژوهش‌های آینده می‌تواند با درنظر گرفتن این عوامل، شناسایی معیارها، فعالیت‌های مرتبط با آنها، اضافه‌کردن آنهـا

به معیارها و فعالیت‌های مرتبط با توسعهٔ قابلیت‌های محیطی تأمین‌کننده انجام شود. این امر موجب توسعهٔ موضوع SD خواهد شد.

در این پژوهش، همهٔ گروه‌های تأمین‌کنندگان (تزئینات، موتوری، استانداردها و مکانیزم‌ها، تهویه، تعلیق، بدنه و الکترونیک) و همهٔ سطوح آنها با همدیگر، ارزیابی و تحلیل شده است؛ اما ممکن است نوع گروه و سطح تأمین‌کننده در نحوهٔ توسعهٔ آن یا به‌کارگیری فعالیت‌های مناسب برای SD، اثر داشته باشد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده، با تفکیک نوع و سطح تأمین‌کنندگان برای توسعهٔ موضوع SD تلاش کند.

در این پژوهش براساس نظر مدیران دربارهٔ تأمین‌کنندگان منتخب، سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی طراحی شد. پژوهش‌های آینده می‌تواند فارغ از انتخاب تأمین‌کنندگان، ابتدا براساس نظر مدیران صنعت مطالعه‌شده، سیستم مناسب را طراحی کند و سپس داده‌های گردآوری‌شده دربارهٔ تأمین‌کنندگان مختلف را براساس آن سیستم تجزیه‌وتحلیل کند.

با توجه به اینکه در این پژوهش، همهٔ الگوریتم‌های تکاملی برای بهینه‌سازی شبکه‌های طراحی‌شده به کار گرفته نشده است، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده ضمن امکان‌سنجی الگوریتم‌های تکاملی دیگر، به‌منظور سازگاری با سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی، از آنها برای بهینه‌سازی استفاده کند و نتایج آنها را با نتایج حاصل از الگوریتم‌های استفاده‌شده در این پژوهش و همچنین با یکدیگر مقایسه کند.

References

Abdullah, R., & Maharjan, K. (2003). "Critical elements of supplier development in the Malaysian automobile industry: parts and components procurement and supplier development practice in proton". *Journal of International Development and Cooperation*, 9(2), 65-87.

Akman, G. (2015). "Evaluating suppliers to include green supplier development programs via fuzzy c-means and VIKOR methods". *Computers and Industrial Engineering*, 86, 69-82.

Arroyo-López, P., Holmen, E., & de Boer, L. (2012). "How do supplier development programs affect suppliers? Insights for suppliers, buyers andgovernments from an empirical study in Mexico" *Business Process Management Journal*, 18 (4), 680-707.

Asare, A., Brashear, T., Yang, J. & Kang, J. (2013), "The relationship between supplier development and firm performance: the mediating role of marketing process improvement". *Journal of Business & Industrial Marketing*,18(6), 523-532.

Awasthi, A., & Kannan, G., (2016). "Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment". *Computers and Industrial Engineering*, 91, 100-108.

Bache, J., Carr, R., Parnaby, J., Tobias, A.M. (1987). "SUPPLIER DEVELOPMENT SYSTEMS". International Jornal of Technology Management, 2 (2), 219-228

Bahiraei, A., Etemadi, K., & Gerami Asl, A. (2016). "Comparison of Artificial Systems (ANN and ANFIS) and Logit Regression in Predicting Financial Bankruptcy of Companies Listed in Tehran Stock Exchange". *Modern Marketing Research Quarterly*, 2(21), 153-166.

Batson, R. (2008). "A survey of best practices in automotive supplier development". *International Journal of Automotive Technology and Management*, 8(2), 129-144.

Benton, W.C., Prahinski, C., & Fan, Y. (2020). "The influence of supplier development programs on supplier performance". *International Journal of Production Economics*, 230

Blome, C., Hollos, D., Paulraj, A., (2014). Green procurement and green supplier development: Antecedents and effects on supplier performance. *International Journal of Production Research*, 52 (1), pp. 32-49.

Blonska, A., Storey, C., Rozemeijer, F., Wetzels, M., & de Ruyter, K., (2013). "Decomposing the effect of supplier development on relationship benefits: The role of relational capital". *Industrial Marketing Management*, 42 (8), 1295-1306.

Chavhan, R., Mahajan, S.K., & Sarang, P.J. (2012). "Supplier Development: Theories and Practices". *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 3(3), 37-51

Chen, L., Ellis, S., & Holsapple, C. (2015). "Supplier Development: A Knowledge Management Perspective". *Knowledge and Process Management*, 22 (4), 250-269.

Chidambaranathan, S., Muralidharan, C. & Deshmukh, S. (2009). "Analyzing the interaction of critical factors of supplier development using Interpretive Structural Modeling: an empirical study". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(11/12), 1081-1093.

Esmaeilzadeh, M., Hosseinpour, A., & Namdar, M.R. (2013). "Classification of inventory using Particle *Swarm* Optimization (PSO)". *Journal of Industrial Management Studies*, 11(30).

Fan, D., Xiao,C., Zhang, X., & Guo, Y. (2021). "Gaining customer satisfaction through sustainable supplier development: The role of firm reputation and marketing communication". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 154.

Friedl, G., & Wagner, S.M. (2016). "Supplier Development Investments in a Triadic Setting". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 63 (2), 136-150.

Geo, R.G. (2019). "Does supplier development lead to supplier satisfaction and relationship continuation?". *Journal of Purchasing and Supply Management*. 25(3).

Ghijsen, P., Semeijn, J., & Ernstson, S. (2010). "Supplier satisfaction and commitment: The role of influence strategies and supplier development". *Journal of Purchasing and Supply Management*, 16(1), 17–26.

Golmohammdi, A., Taghavi, M., Farivar,S., & Azad, N. (2018). "Three strategies for engaging a buyer in supplier development efforts". *International Journal of Production Economics*.206, 1-14

Govindan, K., Kannan, D. & Haq, A. (2010). "Analyzing supplier development criteria for an automobile industry". *Industrial Management & Data Systems*, 110(1), 43-62.

Guan, J., Zurada, J., & Levitan, S. (2008). "An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Based Approach to Real Estate Property Assessment". *Journal of Real Estate Research*, 30, 395-422.

Humphreys, P., Cadden, T., Li, W. & McHugh, M. (2011). "An investigation into supplier development activities and their influence on performance in the Chinese electronics industry". *Production Planning and Control: The Management of Operations*, 22(2), 137-156.

Jang, JS.R (1993). "ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System". IEEE Transaction on system. 23, 665-685

Khan, Z., & Nicholson, J.D. (2014). "An investigation of the cross-border supplier development process: Problems and implications in an emerging economy". *International Business Review*, 23 (6), 1212-1222.

Krause, D., Handfield, R. & Tyler, B. (2007). "The relationships between supplier development, commitment, social capital accumulation and performance improvement". *Journal of Operations Management*, 25(2), 528-545.

Krause, D.R. & Scannell, T.V. (2002). "Supplier development practices: product- and service-based industry comparisons". *Journal of Supply Chain Management*, 38 (2), 13-21.

Kumar, C.V.S., & Routroy, S. (2014). "Addressing the Root Cause Impediments for Supplier Development in Manufacturing Environment". *Procedia Engineering*, 97, 2136 – 2146.

Kumar, C.V.S., & Routroy, S. (2018). "Modeling Supplier Development barriers in Indian manufacturing industry". *Asia Pacific Management*. 23, 235-250

Kumar, P., Shankar, R., & Yadav, S.S., (2014). "An analysis of supplier development issues in global context: An approach of fuzzy based modeling". *International Journal of Logistics Systems and Management*, 11 (3), 407-428.

Lawson, B., Krause, D., & Potter, A. (2015). "Improving Supplier New Product Development Performance: The Role of Supplier Development". *Journal of Product Innovation Management*, 32 (5), 777-792.

Leenders, M.R. (1966). "Supplier development". Journal of Purchasing, 24, 47-62

Mansouri, R., & Torabi, H. (2015). "Using Differential Evolution Algorithm for Optimizing Water Distribution Network (Case Study; Ismail-Abad Pressure Irrigation Network)", *Water and Soil Knowledge*, 25(2/4), 81-95.

Marksberry, P. (2012). "Investigating "The Way" for Toyota suppliers: A quantitative outlook on Toyota's replicating efforts for supplier development". *Benchmarking*, 19 (2), 277-298.

Matlab software (2014).

Memarianfard, M., & Beigi Harchegeni, M. (2009). "Comparing of Artificial Neural Network and Regression Transfer Functions to Predict Cation Exchange Capacity of Soils in Chaharmahal and Bakhtiari Province". *Journal of Water and Soil (Agriculture Sciences and Industries.* 23(4), 90-99

Mizgier, K.J., Pasia, J.M., & Talluri, S. (2017). "Multiobjective capital allocation for supplier development under risk". *International Journal of Production Research*, 1-16.

Modi, S. & Mabert, V. (2007). "Supplier development: improving supplier performance through knowledge transfer". *Journal of Operations Management*, 25(1), 42-64.

Mohebian, R., Riahi, M., & Kadkhodai, A. (2019). "Combination of neural, fuzzy and neural-fuzzy methods using continuous ant algorithm for detection of reservoir facies". *Oil Research Journal*, 98.

Nagati, H., & Rebolledo, C. (2013). "Supplier development efforts: The suppliers' point of view". .*Industrial Marketing Management*, 42 (2), 180-188.

Olfat, L., Amiri, M., Raeesi Vanani, I., & Esmaeilzadeh, M. (2020). "Identification and categorization of activities related to supplier development in the automotive industry". *Journal of Industrial Management Perspectives*, 9(35), 9-54.

Olfat, L., Amiri, M., Raeesi Vanani, I., & Esmaeilzadeh, M. (2020). "A two-dimensional model for iiiiii ii Dvvll mmttt ' rritrria iii gg ee ta-synthesis method". *Journal of Industrial Management Studies*, 18(58), 59-104.

Olfat, L., Ghazi Nouri, S., & Qasemi, M. (2019). "Relationship between strategic production decisions and competitive priorities and its impact on the performance of companies in the auto parts industry in Iran". *Journal of Production and Operations Management*, 10(2), Series 19, 17-35.

Pradhan, S.K., & Routroy, S. (2014), "Analyzing the performance of supplier development: a case study". *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(2), 209-233.

Praxmarer-Carus, S., Sucky, E. & Durst, S. (2013). "The relationship between the perceived shares of costs and earnings in supplier development programs and supplier satisfaction". *Industrial Marketing Management*, 42(2), 202-210.

Ragers, Z.S., Karter, C.R., & Kwan, V. (2019). "Making tough choices: A policy capturing approach to evaluating the tradeoffs in sustainable supplier development initiatives". *Journal of Purchasing and Supply Management*. 25(5).

Rezaei, J., & Ortt, R. (2013). "Supplier segmentation using fuzzy logic". *Industrial Marketing Management*, 42, 507-517

Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2015). "Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method". *Expert Systems with Applications*, 42, 9152–9164.

Riechmann, T. (2001). "Genetic algorithm learning and evolutionary games". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25(6), 1019-1037 .

Routroy, S., & Kumar, C.V.S. (2015). "Strategy for supplier development program implementation: A case study International".*Journal of Services and Operations Management*, 21 (2), 238-264.

Routroy, S., & Pradhan, S.K. (2014). "Benchmarking model of supplier development for an Indian gear manufacturing company". *Benchmarking*, 21 (2), 253-275.

Routroy, S., & Sunil Kumar, C.V. (2014). "Analyzing supplier development program enablers using fuzzy DEMATEL". *Measuring Business Excellence*, 18 (4), 1-26.

Routroy, S., Pradhan, S.K., & Sunil Kumar, C.V. (2016). "Evaluating the implementation performance of a supplier development program". *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 28 (4), 663-682.

Sadeghi, A., Azar, A., Valmohammadei, CH., & Alirezaei, A. (2019). "Designing a performance evaluation model of service-product supply chain in home appliance industry using factor analysis and neural-fuzzy network with a case study of home appliance companies in Iran". *Journal of Production and Operations Management*, 10(2), Series 19, 83-123.

Saghiri, S., & Mirzabeiki, V. (2021). "Buyer-led environmental supplier development: Can suppliers really help it?". *International Journal of Production Economics*, 233.

Saghiri, S., & Wilding, R. (2021). "On the effectiveness of supplier development programs: The role of supply-side moderators". *Technovation*, 103.

Sako, M. (2004). "Supplier development at Honda, Nissan and Toyota: comparative case studies of organizational capability enhancement". *Industrial and Corporate Change*, 13(2), 281-308.

Salimian, H., Rashidirad, M., & Soltani, E. (2017). "A contingency view on the impact of supplier development on design and conformance quality performance". *Production Planning and Control*, 28 (4), 310-320.

Samoi, P., & Fattahi, P. (2017). "Comparison and analysis on the use of meta-heuristic algorithms to solve problems of workshop production schedule". *Journal of Operations Research and its applications*, 52, 63-76.

Sancha, C., Gimenez, C., Sierra, V., & Kazeminia, A. (2015). "Does implementing social supplier development practices pay off" *Supply Chain Management*, 20 (4), 389-403.

Sánchez-Rodríguez, C., Hemsworth, D., & Martínez-Lorente, A.R. (2005). "The effect of supplier development initiatives on purchasing performance: A structural model". *Supply Chain Management*, 10 (4), 289-301.

Shafiee, F., Kazemi, A., Jafarnejad Chaghoshi, A., Sazour, Z., & Amouzad Mahdirji, H. (2020). "Provide a robust supply chain optimization model for perishable dairy products". *Production and Operations Management*, 11(3), Series 22, 17-46.

Shahzad, K., Sillanp, I., Sillanp, E., & Imeri, S. (2016). "Benchmarking supplier development: an empirical case study of validating a framework to improve buyer-supplier relationship". *Management and Production Engineering Review*, 7(1), 56–70

Sheikh Sajjadieh, M., & Bahmani Tabrizi, M. (2020). "Providing a Suppliers Development Model for Supply Chain Sustainability: A Case Study". *Production and Operations Management*, 11(1), Series 20, 45-69.

Tahari Mehrjerdi, M.H., Babaei Meybodi, H., & Taghizadeh Mehrjerdi, R. (2012). "Modeling and Predicting Energy Consumption in Iran's Transportation Sector: An Application of Artificial Intelligence Models", *Journal of Planning and Budgeting*. 17 (1), 29-47.

Talluri, S., Narasimhan, R. & Chung, W. (2010). "Manufacturer cooperation in supplier development under risk". *European Journal of Operational Research*, 207(1), 165-173.

Tran, p., Gorton, M., & Lemke, M. (2021). "When supplier development initiatives fail: Identifying the causes of opportunism and unexpected outcomes". *Journal of Business Research*, 127, 277-289

Wagner, S. (2006). "Supplier development practices: an exploratory study".*European Journal of Marketing*, 40(5), 554-571.

Wagner, S. (2011). "Supplier development and the relationship life-cycle". *Int. J. Production Economics*, 129(2), 277-283.

Wagner, S.M., & Krause, D.R. (2009). "Supplier development: Communication approaches, activities and goals". *International Journal of Production Research*, 47 (12), 3161–3177.

Wouters, M., van Jarwaarde, E., & Groen, B. (2007). "Supplier development and cost management in Southeast Asia—Results from a field study". *Journal of Purchasing and Supply Management*, 13 (4), 228–244.

Yang, K. (2011). "Loss-Averse behavioral hypothesis Manufacturer in engineering supplier development under risk". *Systems Engineering Procedia* 1, 317–322

Yawar, S.A., & Kauppi.K. (2018). "Understanding the adoption of socially responsible supplier development practices using institutional theory: Dairy supply chains in India". *Journal of Purchasing and Supply Management*, 24(2), 164-176.

[1] Supplier Development(SD)
[2] Yang
[3] Chavhan
[4] Chen
[5] Sako
[6] Wouters
[7] Talluri
[8] Humphreys
[9] Nagati &Rebolledo
[10] Wagner
[11] Leenders
[12] Shahzad
[13] Bache
[14] Krause &Scannell
[15] Abdullah & Maharjan
[16] Sánchez
[17] Wagner
[18] Modi & Mabert
[19] Batson
[20] Chidambaranathan
[21] Govindan
[22] Ghijsen
[23] Arroyo-López
[24] Marksberry
[25] Asare
[26] Blonska
[27] Praxmarer
[28] Kumar& Routroy
[29] Khan & Nicholson
[30] Blome
[31] Alan
[32] Kumar
[33] Akman
[34] Lawson
[35]Sancha
[36] Awasthi& Kannan
[37] Friedl
[38] Salimian
[39] Mizgier
[40] Yawar & Kauppi
[41] Ragers
[42] Jeo
[43] Benton
[44] Wilding
[45] Fan
[46] Tran
[47] Grid Partitioning
[48] Subtractive Clustering
[49] Fuzzy c-Means(FCM)
[50] Hybrid
[51] Back Propagation(BP)
[52] Ant Colony Optimization(ACO)
[53] Genetic Algorithm(GA)
[54] Particle ***Swarm*** Optimization(PSO)
[55] Differential Evolution(DE)
[56] Jang
[57] Guan
[58] Riechmann
[59] Root-Mean Square Error(RMSE)
[60] Regression(R)
[61] Ortt

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی