



چرخه توسعه و بخش بندی تأمین کننده با استفاده از سیستم استنتاج عصبی - فازی انطباقی

منصور اسماعیل زاده (نویسنده مسؤول)

استادیار، مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان، ایران.

Email: esmailzadeh@vru.ac.ir

لعیا الفت

استاد، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی تهران، ایران.

مقصود امیری

استاد، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی تهران، ایران.

ایمان رئیسی وانانی

دانشیار، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۱/۱۹

چکیده

تولیدکنندگان، بمنظور توسعه‌ی تأمین‌کنندگان استراتژیک خود، آنها را بخش‌بندی می‌کنند. بخش‌بندی تأمین‌کننده موجب ایجاد ارزش و هم‌افزایی در ارتباط با تأمین‌کننده می‌شود. هدف این مقاله، ارتباط توسعه‌ی تأمین‌کننده و بخش‌بندی تأمین‌کننده با استفاده از سیستم استنتاج عصبی-فازی انطباقی در صنعت خودروسازی ایران است. برای تحقق این هدف، ابتدا برای مقوله‌های توسعه‌ی تأمین‌کننده، با استفاده از سه روش، سه سیستم عصبی-فازی طراحی می‌شوند. سپس با استفاده از دو روش کلاسیک و چهار الگوریتم تکاملی، آنها را بهینه‌سازی و مناسبترین سیستم عصبی-فازی انتخاب می‌شود. در مرحله بعد نمره‌ی توسعه برای ۵۳ تأمین‌کننده از تأمین‌کنندگان استراتژیک صنعت خودرو در چهار مقوله پیش‌بینی می‌شود، براساس نمره‌های بدست آمده، تأمین‌کنندگان بخش‌بندی می‌شوند. در نهایت، فعالیتهای لازم برای توسعه‌ی هرکدام از تأمین‌کنندگان پیشنهاد می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که صنعت خودروسازی ایران در توسعه‌ی مقوله‌های ناملموس و محیطی، عملکرد قابل قبولی داشته اما، در توسعه‌ی مقوله‌های ملموس و روابط ضعیف عمل کرده است. بر این اساس، تولیدکنندگان صنعت خودروسازی ایران، باید بترتیب اولویت بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه‌ی روابط، قابلیت‌های ملموس، قابلیت‌های ناملموس و قابلیت‌های محیطی را رعایت کنند. با توجه به اینکه در این حوزه، مطالعات اندکی صورت گرفته است، در پایان، ضمن مقایسه-ی این مطالعه با یکی از مطالعات خارجی انجام گرفته، پیشنهادهای برای صنعت خودروسازی ایران و همچنین پژوهشهای آینده ارائه می‌شود.

کلمات کلیدی: توسعه‌ی تأمین‌کننده (SD)، بخش‌بندی تأمین‌کننده (SS)، صنعت خودرو، سیستم استنتاج عصبی-فازی انطباقی (ANFIS)

۱- مقدمه

اغلب شرکتهای تجاری، بمنظور افزایش توان رقابت‌پذیری در فضای رقابتی، علاوه بر اینکه سطح برون‌سپاری فعالیتهای خود را افزایش می‌دهند، به تأمین‌کنندگان خود وابستگی بیشتر نیز پیدا می‌کنند. به همین دلیل، شرکتهای همواره برای ارائه محصولی با کیفیت بالا و در قیمتی نسبتاً پائین، ناچارند نسبت به کنترل کارایی تأمین‌کنندگان خود توجه داشته باشند (Rafizadeh & Mohammadi Zanjirani, 2022). در یک زنجیره تأمین مناسب و کارا، سازمانها باید ابتدا تأمین‌کنندگان مناسب و باکیفیت را شناسایی و سپس با پایه‌ریزی روابط و مشارکتهای بلندمدت با تأمین‌کنندگان انتخابی، بدنبال کسب و افزایش تواناییهای رقابتی سازمان باشند (Askarian, Pourzarandi, & Haghghat Monfared, 2021).

همه‌گیری جهانی اخیر به دلیل بیماری کووید-۱۹ باعث اختلالات قابل توجهی در زنجیره تأمین برای شرکت‌های جهانی شده است. شرکت‌های جهانی اکنون متوجه شده‌اند که همه تأمین‌کنندگان به طور یکسان در رشد تجارت زنجیره تأمین و مدیریت اختلالات مشارکت نمی‌کنند. از این رو، بخش‌بندی تأمین‌کننده به یک استراتژی تصمیم‌گیری حیاتی برای شرکت‌های سازمانی تبدیل می‌شود تا پایداری زنجیره تأمین را از طریق مدیریت مؤثر ارتباط تأمین‌کننده بهبود بخشند (Shiralkar, Bongale, & Kumar, 2022).

بخش‌بندی تأمین‌کننده^۱ که بین دو گام انتخاب تأمین‌کننده و مدیریت روابط تأمین‌کننده قرار دارد، گروههای مختلفی از تأمین‌کنندگان را ارائه می‌دهد بطوریکه، تأمین‌کنندگان هر گروه از نظر معیارهای مورد نظر تا حدود زیادی یکسان هستند. در حوزه‌ی بازاریابی، بخش‌بندی، معمولاً به جنبه‌ی تقاضای بازار اشاره دارد که در آن، هدف شرکتها، بخش‌بندی گروههای مشتریان با خواسته‌ها و تقاضاهای مشابه است و ممکن است با یک آمیخته‌ی بازاریابی خاص پاسخ داده شوند (Rezaei, Wang, & Tavasszy, 2015). هنگامی که شرکتها با تأمین‌کنندگان مختلف کار می‌کنند، بخش‌بندی جنبه‌ی تأمین بازار نیز می‌تواند به اندازه‌ی جنبه‌ی تقاضا ارزشمند باشد (Rezaei & Ortt, 2012). SS، شامل گروه‌بندی تعدادی از تأمین‌کنندگان است که دارای ویژگی‌های مشترک هستند. بنابراین SS نقش کلیدی در ارتقای قابلیت‌های عملیاتی شرکت در مدیریت تأمین دارد و سبب ایجاد ارزش و هم‌افزایی در ارتباط با تأمین‌کنندگان می‌شود (Day, Magnan, & Moeller, 2010). SS امکان انتخاب مناسبترین استراتژیها برای مدیریت روابط بخشهای مختلف تأمین‌کنندگان انتخاب‌شده را می‌دهد (Rezaei & Ortt, 2013).

توسعه‌ی تأمین‌کننده^۲، به تأمین‌کنندگان کمک می‌کند تا قابلیت‌ها و عملکردشان را بهبود دهند که به نوبه‌ی خود به شرکت خریدار کمک می‌کند تا کاهش هزینه، بهبود بهره‌وری، بهبود کیفیت و بهره‌برداری بهینه از منابع را تحقق بخشد (Talluri, Narasimhan, & Chung, 2010; Humphreys Cadden, Li, & McHugh, 2011). SD بعنوان یک زیرساخت مهم در اقدامات مدیریت تأمین‌کننده‌ی شرکتها است. بعضی صنایع از قبیل خودرو آمادگی شروع حمایتی فعال برای تأمین‌کنندگان خودشان را دارند. آنها یک سطح بالائی از تعهد برای غلبه بر مسائل عملکردی تأمین‌کنندگان را نشان داده‌اند (Wagner, 2006). خودروها محصولات بسیار پیچیده‌ای هستند و نیاز به درجه‌ی بالائی از برون‌سپاری به تأمین‌کنندگان را دارند. بنابراین بخش خودرو یکی از وابسته‌ترین صنایع به تأمین‌کنندگان است. پژوهشهای زیادی در صنعت خودروسازی انجام شده‌اند اما، براساس مطالعات ما، پژوهشهای بلونسکا^۳ و همکاران (۲۰۱۳)، آکمان (۲۰۱۵) و رضایی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ی خودشان SS را با SD مرتبط کردند و ضمن شناسایی تأمین‌کنندگان نیازمند توسعه، استراتژیهای مناسب برای توسعه‌ی آنها را نیز معرفی کرده‌اند.

براساس دانش ما، در حوزه‌ی SS مطالعات نه چندان زیاد و در حوزه‌ی SD، مطالعات خارجی نسبتاً زیاد اما، مطالعات داخلی کمی صورت گرفته است. در حوزه‌ی ارتباط SS و SD، مطالعات خارجی کم و مطالعات داخلی بسیار کمی صورت گرفته است. یکی از مهمترین مطالعات خارجی صورت گرفته در حوزه‌ی ارتباط SS و SD مطالعه‌ی رضایی و همکاران (۲۰۱۵) است که در بخش

¹ Supplier Segmentation(SS)

² Supplier Development(SD)

³ Blonska

بحث و نتیجه گیری، این پژوهش با آن مقایسه شده است. در این پژوهش، چرخه‌ای بین SS و SD تعریف شده است که در آن، ابتدا با استفاده از معیارهای مرتبط با SD، نمره‌ی تامین‌کنندگان منتخب در توسعه‌ی قابلیت‌های مختلف بدست آورده می‌شود، سپس براساس توسعه‌ی قابلیت‌های درونی و بیرونی بخش‌بندی می‌شوند. هر کدام از این بخش‌بندیها منجر به گروه‌بندی تامین‌کنندگان مختلف در ۴ بخش می‌شوند. با مشخص شدن بخش‌های مربوط به تامین‌کنندگان منتخب، فعالیت‌های مرتبط با SD برای هر بخش در سطح تامین‌کننده پیشنهاد می‌شوند. در ادامه، پیشینه پژوهش، متدولوژی، یافته‌ها، بحث و نتیجه‌گیری و منابع خواهند آمد.

با توجه به اینکه هدف این مقاله ارتباط SD و SS است، پیشینه را به سه بخش مطالعات حوزه‌ی SS، مطالعات حوزه‌ی SD و مطالعات حوزه‌ی SS و SD تقسیم می‌کنیم. در جدول ۱ خلاصه‌ای از پیشینه‌ی پژوهش برای این سه بخش به تفکیک آمده است.

جدول شماره (۱): خلاصه پیشینه‌ی پژوهش

زمینه	پژوهش	خلاصه‌ی پژوهش
	(Parasuraman, 1980)	یک فرآیند چهار مرحله‌ای مبتنی بر بخش‌بندی مشتری، برای SS، معرفی کرد.
	(Kraljic, 1983)	کالاها را به چهار بخش عادی، اهرمی، گلوگاهی و استراتژیک تقسیم می‌کند و استراتژی‌های مواجهه با تامین‌کنندگان هر یک از این بخش‌ها را بیان می‌کند.
	(Olsen & Ellram, 1997)	علاوه بر ارائه‌ی یک مدل سه مرحله‌ای براساس روابط با تامین‌کنندگان، یک رویکرد دو بعدی برای SS بر اساس دو بعد وضعیت خرید و اهمیت استراتژیک خرید به همراه شاخص‌های آن معرفی کردند.
مطالعات حوزه‌ی SS	(Nellore & Söderquist, 2000)	با مطالعه‌ی شرکت‌های خودروسازی، بین بخش‌بندی محصول و ویژگی‌های تامین‌کننده، ارتباط برقرار کردند.
	(Svensson, 2004)	یک رویکرد دو بعدی بر اساس تعهد تامین‌کننده و اهمیت کالا در شرکتهای تولیدی خودرویی ارائه کردند و چهار استراتژی جهت ارتباط با تامین‌کنندگان معرفی کردند.
	(Day et al., 2010)	با بررسی همه جانبه‌ی مقالات موجود، ابعاد SS در پژوهش‌های مختلف را شناسایی و تجزیه و تحلیل کردند.
	(Rezaei & Ortt, 2012, 2013)	رویکردی دو بعدی قابلیت‌ها و تمایلات را به همراه شاخص‌های آنها برای SS معرفی کردند.
	(Parkouhi, Ghadikolaei, & Lajimi, 2019)	با در نظر گرفتن دو بعد تقویت‌کننده تاب‌آوری و کاهش تاب‌آوری برای انتخاب و بخش‌بندی تامین‌کنندگان انجام شد. برای تعیین درجه اهمیت معیارها برای هر یک از این دو بعد از تکنیک دیمتل استفاده شد و سپس با استفاده از تکنیک وزن‌دهی تجمعی ساده (GSAW)) امتیاز هر تامین‌کننده با توجه به هر بعد تعیین شد.
	(Shiralkar et al., 2022)	دیدگاهی در مورد روش‌های تصمیم‌گیری مورد استفاده در مطالعات تحقیقاتی در مورد بخش‌بندی تامین‌کننده و محدودیت‌ها و معایب عملی آنها با چند مثال در دنیای واقعی را ارائه می‌دهد. برای این کار، ادبیات بخش‌بندی تامین‌کننده را بطور سیستماتیک مرور می‌کند و نتیجه می‌گیرد که بخش‌بندی تامین‌کننده یک مشکل چند معیاره است.
	(Wagner, 2010)	یک دیدگاه متفاوت از فعالیت‌های SD که توسط شرکتهای اروپایی فعال در صنایع مورد مطالعه شامل بهداشتی، خودروسازی، الکترونیک و هوافضا بکار گرفته می‌شوند، معرفی می‌کند.
	(Govindan, Kannan, & Haq, 2010)	معیارهای مرتبط با SD در صنعت خودروسازی هند را با مرور ادبیات شناسایی و معرفی می‌کنند.
	(Paul, Semeijn, & Ernstson, 2010)	رابطه‌ی بین استراتژی‌های SD با رضایت و تعهد آن در صنعت خودروسازی آلمان را بررسی می‌کنند.
	(Wagner, 2011)	ارزیابی حالت رابطه‌ی تامین‌کننده با خریدار قبل از درگیری در فعالیت‌های SD را برای موفقیت SD در صنایع هابی-تک، خودروسازی، ساختمانی، شیمیایی، دارویی، غذا و منسوجات معرفی

می‌کند.		
عوامل موفقیت SD در صنایع خودروسازی، های تک، الکترونیکی، ساختمانی، شیمیایی، دارویی، غذا، پارچه و ارتباطات را شناسایی می‌کنند.	(Rafat, Judge, & Shrimali, 2012)	
تاثیر SD روی عملکرد کوتاه‌مدت و بلندمدت آن در صنعت خودروسازی مکزیک را بررسی می‌کنند.	(Arayo-lopez, Holmen, & de Boer, 2012)	
اقدامات تویوتا برای SD را شناسایی کرده و توضیح می‌دهد.	Marksberry(2012)	
مسئولیت اجتماعی و SD در صنایع غذا، دارو، پوشاک و خودروسازی را یکپارچه می‌کنند.	(Lu, Lee, & Cheng, 2012)	
نقش بهبود فرایند بازاریابی در SD را در صنایع الکترونیک، خودروسازی و غذا آشکار می‌سازند.	(Asare Brashear, Yang, & Kang, 2013)	
اثرات سهم درک شده‌ی یک تأمین‌کننده از هزینه‌ها و درآمدهای SD روی رضایت تأمین‌کننده در صنایع خودروسازی، داروسازی و مهندسی را بررسی می‌کنند.	(Praxmarer, Sucky, & Durst, 2013)	
بدنبال شناسایی عواملی که در صنعت خودروسازی اثربخشی SD را تحت تاثیر قرار می‌دهند، هستند.	(Kumar & Routroy, 2014)	
یک فرآیند سه‌مرحله‌ای برای بکارگیری SD در صنعت خودروسازی را معرفی می‌کنند.	(Khan & Nicholson, 2014)	
توانمندسازهای SD را در صنعت خودروسازی شناسایی و طبقه‌بندی می‌کنند.	(Routroy & Kumar, 2014)	
عوامل بحرانی موفقیت و شاخصهای کلیدی عملکرد برای SD را در یک شرکت خودروسازی هندی شناسایی و طبقه‌بندی می‌کنند.	(Pradhan & Routroy, 2014)	
یک مدل برای پذیرش و بهبود مستمر SD در یک شرکت خودروسازی هندی ارائه می‌دهند.	(Routroy & Pradhan, 2014)	
SD را با توجه به محیط زیست در صنایع خودروسازی، ارتباطات، غذا و دارو بررسی می‌کنند.	(Blome, Hollos, & Paulraj, 2014)	
موانع SD را براساس ویژگیهای خریدار و تأمین‌کننده در صنایع خودروسازی، الکترونیک، فلزی، ساختمانی، پوشاک، منسوجات و شیمیایی بررسی می‌کنند.	(Kumar, Shankar, & Yadav, 2014)	
فعالیت‌های SD در توسعه‌ی محصول جدید در صنایع الکترونیکی، هوافضا، شیمیایی، دارویی و خودروسازی را نشان می‌دهند.	(Lawson, Krause, & Potter, 2015)	
توانمندسازهای اجرای SD را در صنعت خودروسازی معرفی و ارزیابی می‌کنند.	(Routroy & Kumar, 2015)	مطالعات
عوامل بحرانی موفقیت اجرای برنامه‌ی SD را در صنعت خودروسازی شناسایی و طبقه‌بندی می‌کنند.	(Routroy, Pradhan, & Kumar, 2016)	حوزه‌ی SD
برنامه‌های SD سبز را در یک شرکت خودروسازی هندی ارزیابی می‌کنند.	(Awasthi & Kannan, 2016)	
اهمیت SD مشترک با خریداران دیگر در صنایع خودروسازی، های تک و هوافضا را تشریح می‌کنند.	(Fridel & Wagner, 2016)	
بکارگیری تئوری اقتضایی را با در نظر گرفتن اندازه و فرهنگ سازمانی با بررسی روابط بین SD و کیفیت درونی عملکرد را در صنایع خودروسازی، هوافضا، الکترونیک و پوشاک توسعه می‌دهند.	(Salimian, Rashidirad, & Soltani, 2017)	
نحوه‌ی سرمایه‌گذاری خریدار در SD را با در نظر گرفتن ریسک سرمایه‌گذاری برای SD در صنعت خودروسازی مشخص می‌کنند.	(Mizgier, Pasia, & Talluri, 2017)	
یک مطالعه واقع‌بینانه در صنایع تولیدی هند شامل خودروسازی، الکترونیک، هوافضا و دفاعی، تجهیزات صنعتی و... برای بررسی تعاملات میان موانع برنامه‌های SD انجام دادند.	(Kumar & Routroy, 2018)	
با بکارگیری رگرسیون چندمتغیره رابطه بین SD و رضایت تأمین‌کننده را بررسی می‌کنند.	(Glavee-Geo, 2019)	
با مطالعه‌ی داده‌های گردآوری شده از ۱۴۱ تأمین‌کننده‌ی سطح اول در صنعت خودروسازی امریکای شمالی و با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری، برنامه‌های SD را بعنوان یک جایگزین برای قدرت دولت بررسی می‌کنند.	(Benton, Prahinski, & Fan, 2020)	
با مطالعه‌ی داده‌های گردآوری شده از ۲۶۷ تأمین‌کننده‌ی انگلیسی، نقش برنامه‌های SD	(Saghiri & Mirzabeiki,	

محیطی خریدار در اقدامات محیطی تامین کننده با میانجی گری تخصیص منابع و همکاری توسط تامین کننده را بررسی می کنند.	(2021)	
با مطالعه‌ی داده‌های گردآوری شده از ۷۶۸ شرکت؛ مشوقهای SD پایدار که به رضایت مشتریان و همچنین به فروش آینده‌ی شرکت کمک می کنند را شناسایی کردند.	(Fan, Xiao, Zhang, & Guo, 2021)	
با تحلیل موضوعی و مقایسات کیفی، لبه تاریک روابط تامین کننده-خریدار بویژه رابطه‌ی بین مشوقهای SD، هنجارهای رابطه‌ای و فرصت طلبی تامین کننده را بررسی می کنند.	(Tran, Gorton, & Lemke, 2021)	
در دو مقاله‌ی جداگانه، معیارها و فعالیتهای مرتبط با SD در صنعت خودروسازی را با استفاده از فراترکیب ۱۰۲ مطالعه شناسایی و مقوله بندی می کنند.	(Olfat, Amiri, Raeesi Vanani, & Esmailzadeh, 2019)	
	(Olfat, Amiri, Raeesi Vanani, & Esmailzadeh, 2020)	
سیستمهای استنتاج عصبی-فازی تطبیقی برای توسعه تامین کننده در صنعت خودرو را طراحی و با استفاده از الگوریتمهای فراابتکاری آنها را بهینه می کنند.	(Esmailzadeh, Olfat, Amiri, & Raeesi Vanani 2021)	
اثر SD روی منافع روابط با در نظر گرفتن نقش سرمایه‌ی ارتباطی در صنایع فلزات و الکترونیک را تجزیه و تحلیل می کنند و SS را بعنوان یک فعالیت برای SD معرفی می کنند.	(Blonska et al., 2013)	مطالعات حوزه‌ی SS و SD
با ارزیابی و SS، صنعت خودروسازی ترکیه، تامین کنندگانی که باید در SD سبز درگیر شوند را شناسایی می کند.	(Akman, 2015)	
SS را به SD با استفاده از روش بهترین-بدترین ارتباط می دهند.	(Rezaei et al., 2015)	

۲- روش شناسی پژوهش

شامل سه بخش گردآوری داده‌ها، بدست آوردن نمرات SD برای تامین کنندگان و SS است که در ادامه، هر کدام تشریح می-شوند.

الف) گردآوری داده‌ها: با نظرسنجی از مدیران سایپا و ایران خودرو، ۵۳ تامین کننده‌ی اصلی و داخلی که بین آنها مشترک بودند از گروههای تزئینات (۱۵ تامین کننده)، تعلیق (۴ تامین کننده)، استانداردها و مکانیزمها (۵ تامین کننده)، موتور (۱۶ تامین کننده)، بدنه (۷ تامین کننده)، الکترونیک (۵ تامین کننده) و تهویه (۱ تامین کننده) شناسایی شدند. سپس براساس معیارهای مرتبط با SD، توسط مدیران با نمره‌ای از صفر تا صد ارزیابی شدند. در جدول ۲ معیارهای مرتبط با SD آمده‌اند.

جدول شماره (۲): معیارهای مرتبط با SD در صنعت خودروسازی (Olfat et al., 2020)

مقوله‌ها	ابعاد	معیارهای مرتبط
ملموس	توسعه‌ی قابلیت‌های درونی تامین کننده	قابلیت تکنولوژیکی تامین کننده
		قابلیت کیفیتی تامین کننده
		قابلیت تحویل تامین کننده
		انعطاف پذیری سازمانی تامین کننده
ناملموس	توسعه‌ی قابلیت‌های درونی تامین کننده	قابلیت مالی تامین کننده
		قابلیت دانشی تامین کننده
		مزیت رقابتی تامین کننده برای خریدار
		تمایل یا اراده‌ی مدیریت تامین کننده برای توسعه
روابط	توسعه‌ی قابلیت‌های	اعتماد تامین کننده
		انجام تعهدات توسط تامین کننده
		شفافیت اطلاعات تامین کننده
		همکاری و تعاملات مستمر تامین کننده
		تسهیم بموقع اطلاعات توسط تامین کننده
		تلاش تامین کننده برای توسعه‌ی زنجیره‌ی تامین

مشارکت در فعالیتهای توسعه‌ی سبز	بیرونی تأمین‌کننده
توجه تأمین‌کننده به حقوق مشتریان	محیطی
دارا بودن استانداردهای زیست- محیطی و اجتماعی	

ب) طراحی سیستمهای عصبی-فازی و بدست آوردن نمرات توسعه: پس از تکمیل داده‌ها در مورد ۵۳ تأمین‌کننده‌ی منتخب، سیستمهای عصبی-فازی با سه روش منقطع‌سازی شبکه‌ای^۴، خوشه‌بندی کاهشی^۵ و سی- میانگین فازی^۶ برای هر مقوله طراحی شدند. هر کدام از سیستمهای عصبی-فازی طراحی شده با دو روش کلاسیک به نامهای هیبرید^۷ و BP^۸ و چهار روش تکاملی به نامهای الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها^۹، الگوریتم ژنتیک^{۱۰}، بهینه‌سازی ازدحام ذرات^{۱۱} و تکامل تفاضلی^{۱۲} بهینه‌سازی شدند. بنابراین ۷۲ مدل طراحی و اجرا و از بین آنها بهترین ترکیب طراحی-بهینه‌سازی انتخاب و براساس آن، نمره‌ی تأمین‌کنندگان برای توسعه‌ی مقوله‌ی مربوطه پیش‌بینی می‌شود. در ادامه‌ی این بخش، سیستمهای عصبی-فازی، روشهای طراحی و الگوریتمهای بهینه‌سازی، بطور خلاصه توضیح داده می‌شوند.

ج) 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 دارا هستند (Bahiraie Etamadi, & Gerami, 2016). یکی از پر قدرت‌ترین ساختارها برای پیاده‌سازی یک سیستم فازی توسط شبکه‌های عصبی، ساختاری موسوم به ANFIS است که توسط جانگ^{۱۳} (۱۹۹۳) ابداع گردیده است و پنج لایه دارد:

لایه‌ی اول، لایه‌ی ورودی و خروجی توابع عضویت است. لایه‌ی دوم، لایه‌ی قوانین نام دارد و همگی گره‌ها در این لایه ثابت-اند. لایه‌ی سوم، لایه‌ی نرمال‌سازی نام دارد و در آن قدرت قاعده (قانون)، با رابطه‌ی (۱)، نرمال‌سازی می‌شود که در آن w_i وزن i امین قاعده می‌باشد.

$$\bar{w} = \frac{w_i}{\sum w_i} \quad (1)$$

لایه‌ی چهارم، لایه‌ی انطباقی است و در آن هر گره یک تابع خطی است و ضرایب این تابع از طریق ترکیبی از تقریب حداقل مجذورات و روش مورد استفاده، تعدیل می‌شود و در نهایت لایه‌ی پنجم که لایه‌ی خروجی است و در آن نتایج بعنوان مجموعه-ای از خروجی گره‌های لایه‌ی قبلی، مطابق رابطه‌ی (۲) بدست می‌آید. در رابطه‌ی (۲)، $\bar{w}_i f_i$ ، خروجی گره i ام در لایه‌ی قبلی است (Guan et al., 2008).

$$\sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i} \quad (2)$$

د) روشهای BP و هیبرید برای بهینه‌سازی: روش BP داده‌های ورودی را درون شبکه رو به جلو می‌فرستد و اختلاف بین خروجی محاسبه شده و خروجی ایده‌آل را برای داده‌های آموزشی محاسبه می‌کند. در مرحله‌ی بعد، خطا دوباره به درون شبکه برگردانده می‌شود و وزنهای بهینه در طی مراحل تکرار تعیین می‌شوند و این مراحل تا زمان نزدیک شدن مقادیر خروجی محاسبه شده به مقادیر ایده‌آل ادامه می‌یابد (Mohebian, Riahi, & Kadkhodai, 2019). اما روش هیبرید ترکیبی از تخمین حداقل مجذورات و BP را مورد استفاده قرار می‌دهد.

^۴ Grid Partitioning

^۵ Subtractive Clustering

^۶ Fuzzy c-Means(FCM)

^۷ Hybrid

^۸ Back Propagation(BP)

^۹ Ant Colony Optimization(ACO)

^{۱۰} Genetic Algorithm(GA)

PSO(^{۱۱}) Particle Swarm Optimization

^{۱۲} Differential Evolution(DE)

^{۱۳} Jang

ه) الگوریتمهای تکاملی بهینه‌سازی: الگوریتمهای فراابتکاری یا تکاملی عموماً بعنوان الگوریتمهای بهینه‌سازی همه‌منظوره شناخته می‌شوند که قادر به پیدا کردن جوابهای نزدیک به بهینه برای مسائل ریاضی و واقعی می‌باشند (Mansouri & Torabi, 2015). در این پژوهش از چهار روش GA, ACO, PSO و DE بدلیل سازگاری آنها با ANFIS و بکارگیری آنها در مطالعات مختلف استفاده می‌شود.

نتایج همه‌ی روشهای بکار گرفته شده، براساس مجذور میانگین مربعات خطا^{۱۴} و خط رگرسیون^{۱۵} با هم مقایسه می‌شود. RMSE دقت و اعتبار داده‌ها را نشان می‌دهد و از رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود. RMSE یک ابزار خوب برای مقایسه‌ی یک مجموعه از داده‌هاست و تفاوت‌های مجزا را در یک عدد جمع‌آوری می‌کند. هر چقدر مقدار RMSE کمتر باشد روش مورد استفاده دقت بیشتری دارد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (A_t - F_t)^2}{N}} \quad (4)$$

در رابطه‌ی (۴)، A_t مقادیر هدف (مقادیر واقعی) و F_t مقادیر خروجی (مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل) است. R ، خط رگرسیون بین مقادیر خروجی و هدف را نشان می‌دهد. هرچقدر مقدار R بیشتر باشد دقت روش مورد استفاده برای پیش‌بینی بیشتر خواهد بود.

و) بخش‌بندی تامین‌کنندگان: پس از بدست آوردن نمرات مربوط به چهار مقوله برای ۵۳ تامین‌کننده، آنها را براساس توسعه‌ی قابلیت‌های درونی و توسعه‌ی قابلیت‌های بیرونی بخش‌بندی می‌کنیم که در آن چهار بخش برای تامین‌کنندگان تعریف می‌شوند و با پیدا کردن مختصات هر تامین‌کننده، بخش مربوط به هر تامین‌کننده مشخص می‌شود.

ز) شناسایی تامین‌کنندگان نیازمند توسعه: با توجه به اینکه تامین‌کنندگان بخش‌های ۱، ۲ و ۳، حداقل به توسعه‌ی یکی از مقوله‌ها نیاز دارند، لذا تامین‌کنندگان بخش‌های ۱، ۲ و ۳ بعنوان تامین‌کنندگان نیازمند توسعه شناسایی می‌شوند.

ح) پیشنهاد فعالیتهای مناسب برای توسعه: پس از شناسایی تامین‌کنندگان نیازمند توسعه، با توجه به بخشی که تامین‌کنندگان در آن قرار گرفته‌اند و فعالیتهای مرتبط با SD (جدول ۳)، فعالیتهای مناسب برای توسعه‌ی هر تامین‌کننده مشخص می‌شوند. منظور از توسعه، انتقال تامین‌کنندگان بخش‌های ۱، ۲ و ۳ به بخش ۴ است.

جدول شماره (۳): فعالیتهای مرتبط با SD (Olfat et al., 2019)

ابعاد	مقوله‌ها	فعالیت‌های مرتبط
ملموس		ارزیابی قابلیت‌های ملموس تامین‌کننده و بازخور نتایج
		ایجاد استاندارد های کیفی به روز (فشار رقابتی)
		کاهش پایه‌ی تامین (کاهش تعداد تامین‌کنندگان)
		بخش‌بندی تامین‌کنندگان بمنظور توسعه‌ی آنها
قابلیتهای درونی		ایجاد مشوقها براساس بهبود طراحی و طرح های جدید
		سرمایه‌گذاری و درگیری مستقیم در عملیات تامین‌کننده
		ارزیابی قابلیت‌های ناملموس تامین‌کننده و بازخور نتایج
		آموزش و به‌روز کردن تامین‌کننده
ناملموس		تشکیل تیم توسعه‌ی تامین‌کننده بطور مشترک
		ایجاد شبکه‌های دانشی و یادگیری
		اخذ تعهدات مالی و غیرمالی برای اجرای برنامه‌های توسعه‌ی تامین‌کننده
		ایجاد مکانیزمهایی برای اعتماد داشتن به یکدیگر
توسعه تامین‌کننده		افزایش انتظارات عملکردی از تامین‌کننده و انتقال شفاف آنها
		ارزیابی روابط تامین‌کننده و بازخور نتایج
		تسهیم بموقع اطلاعات با یکدیگر

¹⁴ Root-Mean Square Error (RMSE)

¹⁵ Regression (R)

انعقاد قراردادهای بلندمدت با تأمین‌کننده و گسترش آنها	روابط
هماهنگ کردن فرآیندها، اهداف و اقدامات با یکدیگر	
تعیین اهداف بلندمدت و چالشی بطور مشترک	
ایجاد ارتباطات همکارانه و یا شراکت	
بکارگیری ابزارهای ارتباطی مناسب	
توسعه استراتژی‌های همکاری در سطح زنجیره تأمین	قابلیتهای بیرونی
ترویج فرهنگ رقابتی بین زنجیره‌های تأمین	
پاسخگو کردن زنجیره‌ی 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 هوشیارانه‌ی محیطی	
فعالیت‌های لجستیک معکوس	
تلاش‌های مشترک برای بهبود عملکرد پایداری	

۳- نتایج و بحث

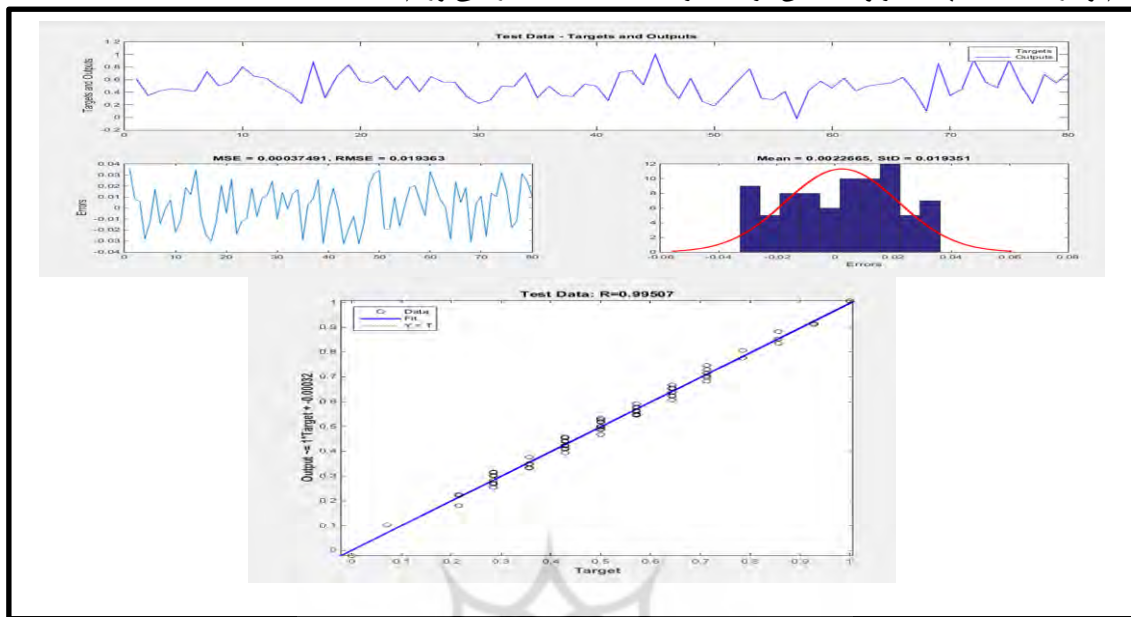
در این بخش ابتدا نتایج ۱۸ سیستم طراحی و بهینه شده برای مقوله‌ی توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس و شکل‌های مربوط به ANFIS انتخاب شده جهت پیش‌بینی نمره‌ی این مقوله بعنوان نمونه آورده می‌شود، سپس نمره‌های مربوط به چهار مقوله و نهایتاً بخش‌بندی و فعالیت‌های پیشنهادی مناسب برای توسعه‌ی تأمین‌کنندگان، آورده خواهد شد. نتایج مقوله‌ی توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس شرح جدول ۴ هستند.

جدول شماره (۴): نتایج ترکیب‌های مختلف روش‌های طراحی و بهینه‌سازی برای مقوله‌ی قابلیت‌های ملموس

روش طراحی	Grid Partitioning	Sub-Clustering	FCM
روش بهینه‌سازی			
Hybrid	RMSE=۰.۱۱۹۴۸ R=0.۰۸۶۲۰۴	RMSE=۰.۰۲۸۲۳۱ R=۰.۹۸۹۴۱	RMSE=۰.۰۲۳۵۰۵ R=۰.۹۹۲۶۱
BP	RMSE=۰.۰۲۴۳۱۶ R=۰.۹۹۲۲۳	RMSE=۰.۰۲۲۰۱۲ R=۰.۹۹۳۶۹	RMSE=۰.۰۲۱۹۷۳ R=۰.۹۹۳۶۲
ACO	RMSE=۰.۱۹۸۷۳۷ R=۰.۱۵۷۴۱	RMSE=۰.۰۳۳۷۲۴ R=۰.۹۸۵۴۶	RMSE=۰.۰۱۹۳۶۳ R=۰.۹۹۵۰۷
DE	RMSE=۰.۱۹۴۹۶ R=۰.۱۳۱۳۷	RMSE=۰.۰۳۳۷۲۴ R=۰.۹۸۵۴۵	RMSE=۰.۰۱۹۳۶۳ R=۰.۹۹۵۰۷
GA	RMSE=۰.۱۹۳۸۱ R=۰.۲۱۶۵۳	RMSE=۰.۰۳۳۲۳۲ R=۰.۹۸۵۶۹	RMSE=۰.۰۱۹۳۶۳ R=۰.۹۹۵۰۷
PSO	RMSE=۰.۱۹۳۸۱ R=۰	RMSE=۰.۰۳۴۴۶۵ R=۰.۹۸۶۳۴	RMSE=۰.۰۲۴۰۵۶ R=۰.۹۹۳۴۱

همانطور که ملاحظه می‌شود با توجه به نتایج داده‌های تست، براساس مقدار RMSE، ترکیب Grid Partitioning-Hybrid نسبت به دیگر ترکیب‌ها نتایج بهتری بدست داده است اما، براساس مقدار R ترکیب‌های FCM-ACO، FCM-DE و FCM-GA نتایج بهتری بدست داده‌اند. با توجه به اینکه دقت سه ترکیب نسبت به ترکیب Grid Partitioning-Hybrid بیشتر است و همچنین چون مقدار RMSE سه ترکیب با یکدیگر برابر است، لذا این سه ترکیب نسبت به ترکیب Grid

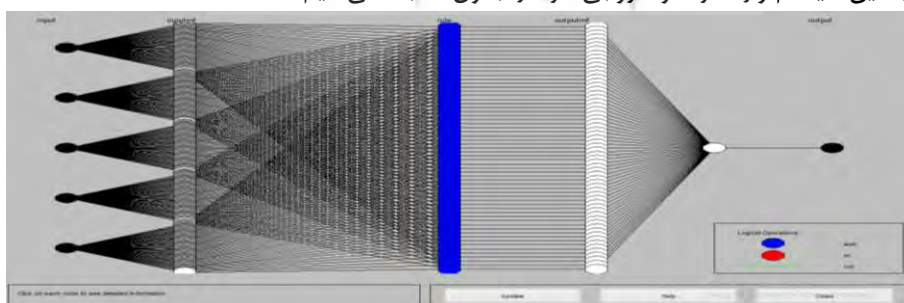
Partitioning-Hybrid مناسبتر بوده و یکی از آنها به دلخواه انتخاب می شود. در اینجا ما ترکیب FCM-GA را انتخاب می کنیم و در ادامه، شکل‌های مربوط به این ترکیب برای داده‌های تست را می آوریم:



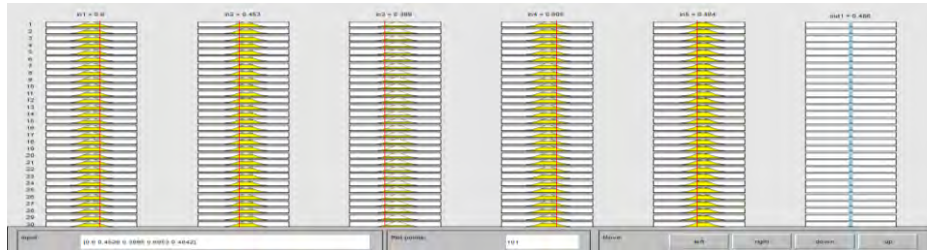
شکل شماره (۱): نتایج ترکیب FCM-GA برای داده‌های تست قابلیت‌های ملموس

در شکل ۱، نمودار اول که در قسمت بالای شکل آمده است، مقادیر خروجی ترکیب مورد استفاده (Outputs) و مقادیر هدف (Targets) را با یکدیگر مقایسه می کند. همانطور که ملاحظه می شود دو مقدار خیلی نزدیک به یکدیگر هستند که بیانگر دقت ترکیب مورد استفاده برای پیش بینی است. نموداری که در وسط و سمت چپ قرار دارد، مقادیر خطاها در داده‌ها را نشان می دهد که از اختلاف بین مقادیر خروجی و هدف بدست می آیند. در این نمودار مقادیر MSE و RMSE نیز در قسمت بالای نمودار نمایش داده شده است. نمودار وسط و سمت راست، توزیع مربوط به خطاها را نشان می دهد و هر چقدر به توزیع نرمال نزدیکتر باشد، نشان دهنده دقت زیاد ترکیب مورد استفاده است. نمودار پائین، خط رگرسیون بین مقادیر خروجی و هدف را نشان می دهد که هر چقدر بیشتر باشد، دقت ترکیب مورد استفاده برای پیش بینی بیشتر خواهد بود.

سیستم FCM-GA از طریق FCM طراحی و با GA بهینه شده است که شامل ۶۱ قاعده است (شکل‌های ۲ و ۳). در شکل ۳ قواعد ۱ تا ۳۰ نمایش داده شده است. برای بدست آوردن نمره‌ی تامین کنندگان در قابلیت‌های ملموس، میانگین نمرات در معیارهای مرتبط را به این سیستم وارد کرده و خروجی آنرا در جدول ۵ ثبت می کنیم.



شکل شماره (۲): شبکه‌ی عصبی FCM-GA برای پیش بینی نمره‌ی قابلیت‌های ملموس



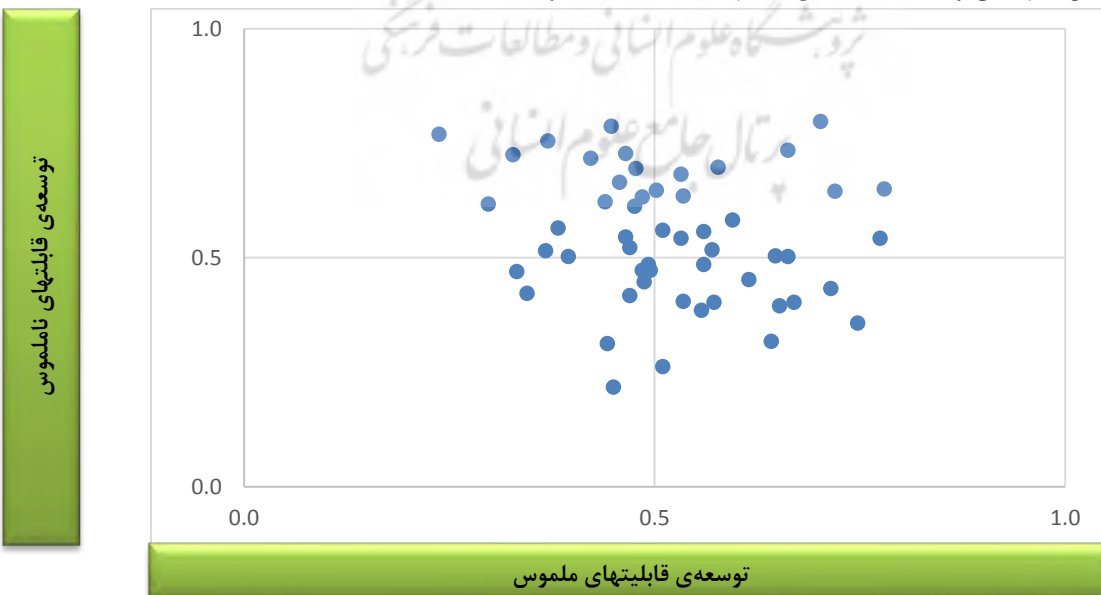
شکل شماره (۳): سیستم FCM-GA برای پیش‌بینی نمره‌ی قابلیت‌های ملموس

برای مقوله‌های توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس، توسعه‌ی روابط و توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی بترتیب، ترکیب‌های FCM-ACO، FCM-GA و FCM-GA انتخاب و نمره‌های تأمین‌کنندگان برای آنها پیش‌بینی شده است. بدلیل جلوگیری از زیاد شدن حجم مقاله، در جدول ۵، فقط نمره‌های تأمین‌کنندگان ۱، ۲، ۳ و ۵۳ در چهار مقوله آمده است.

جدول شماره (۵): نمره‌های تأمین‌کنندگان در چهار مقوله

نمره‌ی قابلیت‌های محیطی	نمره‌ی روابط	نمره‌ی قابلیت‌های ناملموس	نمره‌ی قابلیت‌های ملموس	تأمین‌کنندگان
۰/۴۰۲	۰/۲۶۰	۰/۵۴۳	۰/۷۷۵	S ₁
۰/۴۳۶	۰/۹۴۰	۰/۴۲۳	۰/۳۴۵	S ₂
۰/۶۹۰	۰/۵۴۹	۰/۶۴۵	۰/۷۲۰	S ₃
.
۰/۵۷۹	۰/۵۷۹	۰/۵۹۱	۰/۴۸۶	S ₅₃

طبق مقالات الفت و همکاران (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)، SD دارای دو بعد درونی و بیرونی است. بعد درونی شامل مقوله‌های توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس و توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس و بعد بیرونی شامل مقوله‌های توسعه‌ی روابط و توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی می‌باشد. در این بخش می‌خواهیم تأمین‌کنندگان را براساس هر دو بعد درونی و بیرونی بطور جداگانه بخش‌بندی کنیم (شکل‌های ۴ و ۵). این بخش‌بندیها می‌تواند ما را در تعیین فعالیت‌های مناسب برای توسعه یاری کنند.



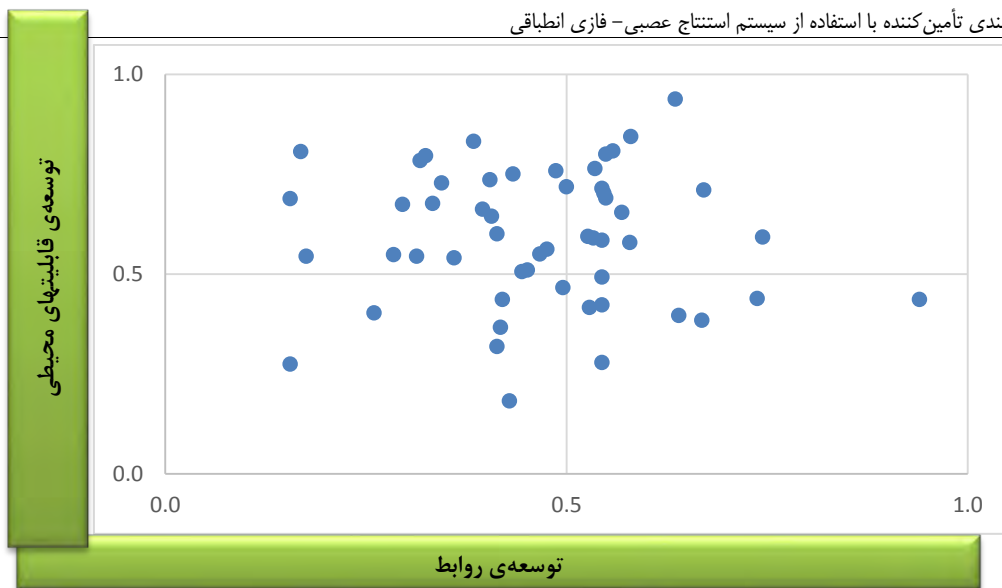
شکل شماره (۴): بخش‌بندی تأمین‌کنندگان براساس قابلیت‌های درونی(مقوله‌های ملموس و ناملموس)

بخش ۱) توسعه‌ی هردو قابلیت‌های ملموس و ناملموس کم): شامل ۹ تامین‌کننده‌ی ۲، ۸، ۱۲، ۲۲، ۲۷، ۳۲، ۳۵، ۴۴ و ۴۶ است. تامین‌کننده‌ی ۲ از گروه تعلیق، تامین‌کنندگان ۸ و ۱۲ از گروه تزئینات، تامین‌کنندگان ۲۲ و ۲۷ از گروه استانداردها و مکانیزمها و تامین‌کنندگان ۳۲، ۳۵، ۴۴ و ۴۶ از گروه موتور هستند. تامین‌کنندگان این بخش ضعیف‌ترین تامین‌کنندگان از لحاظ توسعه‌ی قابلیت‌های درونی هستند زیرا، براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی هردو قابلیت‌های ملموس و ناملموس، نمره‌ی پائینی را کسب کرده‌اند. تولیدکننده و تامین‌کننده برای توسعه‌ی این قابلیت‌ها، باید فعالیت‌های مرتبط با توسعه‌ی هردو قابلیت‌های ملموس و ناملموس را بکار گیرند (جدول ۲).

بخش ۲) توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس زیاد- توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس کم): شامل ۱۱ تامین‌کننده‌ی ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۲۰، ۲۶، ۲۸، ۳۷، ۳۸، ۴۳، ۴۵ و ۵۲ است. تامین‌کنندگان این بخش از گروه‌های تزئینات (۱۱ و ۱۵)، استانداردها و مکانیزمها (۱۴ و ۲۰)، تعلیق (۲۶)، بدنه (۲۸، ۳۸ و ۴۳)، موتوری (۳۷ و ۵۲) و تهویه (۴۵) هستند. تامین‌کنندگان این بخش، تامین‌کنندگانی هستند که براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس نمره‌ی بالا اما، براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس نمره‌ی پائینی را کسب کرده‌اند. برای توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس این گروه از تامین‌کنندگان، باید فعالیت‌های مرتبط با توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس ذکر شده در جدول ۲ بکار گرفته شوند.

بخش ۳) توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس کم- توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس زیاد): شامل ۱۶ تامین‌کننده‌ی ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۵، ۳۳، ۳۴، ۴۱، ۴۳، ۴۷، ۴۹، ۵۰ و ۵۳ است. تامین‌کنندگان این بخش از گروه‌های استانداردها و مکانیزمها (۴)، موتوری (۵)، تزئینات (۶، ۱۰، ۴۹ و ۵۳)، الکترونیک (۷، ۱۷ و ۲۱) و بدنه (۲۵ و ۴۳) هستند. تامین‌کنندگان این بخش، تامین‌کنندگانی هستند که براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس نمره‌ی پائینی ولی براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس نمره‌ی بالایی را کسب کرده‌اند. برای توسعه‌ی قابلیت‌های درونی و یا رسیدن به توسعه‌ی بالای قابلیت‌های ملموس و ناملموس این گروه از تامین‌کنندگان، باید قابلیت‌های ملموس آنها براساس فعالیت‌های جدول ۲ توسعه یابند.

بخش ۴) توسعه‌ی هردو قابلیت‌های ملموس و ناملموس زیاد): شامل ۱۷ تامین‌کننده‌ی ۱، ۳، ۹، ۱۳، ۱۶، ۱۸، ۲۳، ۲۴، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۶، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۸ و ۵۱ است. از این تامین‌کنندگان سه تامین‌کننده‌ی ۱، ۳ و ۵۱ در سطح دوم و بقیه در سطح اول زنجیره‌ی تامین هستند. تامین‌کنندگان این بخش از گروه‌های تزئینات (۱، ۳، ۹، ۱۳، ۱۶، ۲۴، ۲۹، ۳۰ و ۳۹)، موتوری (۱۳، ۲۳ و ۴۱)، تعلیق (۱۸ و ۳۱)، الکترونیک (۲۹ و ۳۶) و بدنه (۴۸ و ۵۱) هستند. نکته جالب توجه این است که از تامین‌کنندگان گروه استانداردها و مکانیزمها، هیچکدام در این بخش قرار نگرفته‌اند و این نتیجه بیانگر این است که تامین‌کنندگان این گروه حداقل در یکی از قابلیت‌های ملموس یا ناملموس، توسعه‌ی قابل قبولی ندارند. این گروه از تامین‌کنندگان، توسعه‌یافته‌ترین تامین‌کنندگان از لحاظ قابلیت‌های درونی هستند. تولیدکنندگان باید این گروه از تامین‌کنندگان را برای خودشان حفظ کنند. همچنین در صورت کاهش پایه‌ی تامین (کاهش تعداد تامین‌کنندگان) توسط تولیدکننده، این تامین‌کنندگان حذف نشوند.



بخش ۱ (توسعه‌ی هردو قابلیت‌های روابط و محیطی کم): شامل ۷ تأمین‌کننده‌ی ۱، ۶، ۲۱، ۳۱، ۳۷، ۴۳ و ۴۹ است. تأمین‌کنندگان این بخش از تأمین‌کنندگان گروه‌های تزئینات (۱، ۶ و ۴۹)، الکترونیک (۲۱)، بدنه (۴۳)، تعلیق (۳۱) و موتوری (۳۷) تشکیل شده‌اند. تأمین‌کنندگان این بخش ضعیف‌ترین تأمین‌کنندگان از لحاظ توسعه‌ی قابلیت‌های بیرونی هستند. زیرا براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی هردو قابلیت‌های روابط و محیطی، نمره‌ی پائینی را کسب کرده‌اند. تولیدکننده و تأمین‌کننده برای توسعه‌ی این قابلیت‌ها، باید فعالیت‌های مرتبط با توسعه‌ی هردو قابلیت‌های روابط و محیطی را بکار گیرند (جدول ۲).

بخش ۲ (توسعه‌ی روابط زیاد- توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی کم): شامل ۹ تأمین‌کننده‌ی ۲، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۲، ۲۸، ۳۸، ۴۵ و ۵۰ است. گروه‌های تشکیل دهنده‌ی این بخش شامل تعلیق (۲ و ۱۸)، تزئینات (۱۶)، موتوری (۱۹ و ۵۰)، تهویه (۴۵)، بدنه (۲۸ و ۳۸) و استانداردها و مکانیزمها (۲۲) هستند. تأمین‌کنندگان این بخش، تأمین‌کنندگانی هستند که براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی روابط نمره‌ی بالا اما، براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی نمره‌ی پائینی را کسب کرده‌اند. برای توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی این گروه از تأمین‌کنندگان، باید فعالیت‌های مرتبط با توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی ذکر شده در جدول ۲ بکار گرفته شوند.

بخش ۳ (توسعه‌ی روابط کم- توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی زیاد): شامل ۲۱ تأمین‌کننده‌ی ۴، ۵، ۷، ۸، ۱۲، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۶، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۵، ۳۶، ۴۱، ۴۲، ۴۴، ۴۶، ۴۸، ۵۱ و ۵۲ است و از گروه‌های استانداردها و مکانیزمها (۴ و ۲۰)، موتوری (۵)، ۳۲، ۳۳، ۳۵، ۴۱، ۴۴، ۴۶ و ۵۲)، الکترونیک (۷ و ۳۶)، تزئینات (۸، ۱۲، ۱۵ و ۳۰)، تعلیق (۲۶) و بدنه (۲۵، ۴۲، ۴۸ و ۵۱) تشکیل شده است. تأمین‌کنندگان این بخش، تأمین‌کنندگانی هستند که براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی روابط نمره‌ی پائین اما، براساس معیارهای مرتبط با توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی نمره‌ی بالایی را کسب کرده‌اند. برای توسعه‌ی روابط این گروه از تأمین‌کنندگان، باید فعالیت‌های مرتبط با توسعه‌ی روابط ذکر شده در جدول ۲ بکار گرفته شوند.

بخش ۴ (توسعه‌ی هردو قابلیت‌های روابط و محیطی زیاد): شامل ۱۶ تأمین‌کننده‌ی ۳، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۷، ۲۳، ۲۴، ۲۷، ۲۹، ۳۴، ۳۹، ۴۰، ۴۷ و ۵۳ است. گروه‌های تزئینات (۳، ۹، ۱۰، ۱۱، ۲۴، ۳۹ و ۵۳)، موتوری (۱۳، ۲۳، ۳۴، ۴۰ و ۴۷)، استانداردها و مکانیزمها (۱۴ و ۲۷) و الکترونیک (۱۷ و ۲۹) تشکیل دهنده‌ی تأمین‌کنندگان این بخش هستند. این گروه از تأمین‌کنندگان، توسعه‌یافته‌ترین تأمین‌کنندگان از لحاظ قابلیت‌های بیرونی هستند. تولیدکنندگان باید این گروه از تأمین‌کنندگان را برای خودشان حفظ کنند. همچنین در صورت کاهش پایه‌ی تأمین (کاهش تعداد تأمین‌کنندگان) توسط تولیدکننده، این تأمین‌کنندگان حذف نشوند.

براساس نتایج بخش‌بندی، تأمین‌کنندگانی که در مقوله‌های مختلف ضعیف بودند، شناسایی و فعالیت‌های مناسب برای توسعه‌ی آنها پیشنهاد شدند. در جدول ۶ نتایج بخش‌بندی و بسته‌ی پیشنهادی مناسب از فعالیت‌های مرتبط با SD برای تأمین‌کنندگان

منتخب آمده است. باتوجه به اینکه با ترکیب بخشهای مختلف دو نوع بخش بندی، ۱۶ حالت خواهیم داشت و همچنین برای جلوگیری از تکرار حالتها و افزایش حجم مقاله، از هر حالت ترکیبی، یک تامین کننده بعنوان نمونه در جدول ۶ آمده است.

جدول شماره (۶): اطلاعات تامین کنندگان، نتایج بخش بندی و بسته ی پیشنهادی مناسب

تامین کننده	گروه تامین کننده	بخش مربوط به تامین کننده	بسته ی پیشنهادی مناسب از فعالیتهای مرتبط با SD
S ₁	تزیینات	بخش ۴ درونی بخش ۱ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی روابط و قابلیتهای محیطی
S ₂	تعلیق	بخش ۱ درونی بخش ۲ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ملموس، ناملموس و محیطی
S ₃	تزیینات	بخش ۴ درونی بخش ۴ بیرونی	حفظ تامین کننده و عدم حذف آن در صورت کاهش پایه ی تامین
S ₄	استانداردها و مکانیزمها	بخش ۳ درونی بخش ۳ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ملموس و روابط
S ₆	تزیینات	بخش ۳ درونی بخش ۱ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ملموس، روابط و قابلیتهای محیطی
S ₈	تزیینات	بخش ۱ درونی بخش ۳ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ملموس، ناملموس و روابط
S ₁₀	تزیینات	بخش ۳ درونی بخش ۴ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ملموس
S ₁₁	تزیینات	بخش ۲ درونی بخش ۴ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ناملموس
S ₁₅	تزیینات	بخش ۲ درونی بخش ۳ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ناملموس و روابط
S ₁₆	تزیینات	بخش ۴ درونی بخش ۲ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای محیطی
S ₁₉	موتوری	بخش ۳ درونی بخش ۲ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ملموس و قابلیتهای محیطی
S ₂₇	استانداردها و مکانیزمها	بخش ۱ درونی بخش ۴ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ملموس و ناملموس
S ₂₈	بدنه	بخش ۲ درونی بخش ۲ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ناملموس و قابلیتهای محیطی
S ₃₀	تزیینات	بخش ۴ درونی بخش ۳ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی روابط
S ₃₇	موتوری	بخش ۲ درونی بخش ۱ بیرونی	بکارگیری فعالیتهای مرتبط با توسعه ی قابلیتهای ناملموس، روابط و قابلیتهای محیطی

هیچکدام از تامین کنندگان براساس هر دو بعد درونی و بیرونی با هم در بخش ۱ قرار نگرفته اند، این نتیجه، بیانگر این است که همه ی تامین کنندگان منتخب حداقل در یکی از مقوله ها نمره ی قابل قبولی کسب کرده اند.

تامین کنندگان S₃، S₉، S₁₃، S₂₃، S₂₄، S₂₉، S₃₉ و S₄₀ هم از لحاظ بعد درونی و هم از لحاظ بعد بیرونی در بخش ۴ قرار گرفته اند. تامین کنندگان این بخش، تامین کنندگانی هستند که نمره ی قابل قبولی در مقوله های چهارگانه بدست آورده اند. صنعت خودرو باید این تامین کنندگان را حفظ کند و در صورت کاهش پایه ی تامین خود، آنها را حذف نکند. این تامین کنندگان می توانند بعنوان الگویی برای دیگر تامین کنندگان باشند و دیگر تامین کنندگان باید در جهت رسیدن به این تامین کنندگان تلاش کنند. این تامین کنندگان در گروه های تزیینات (۳، ۹، ۲۴ و ۳۹)، موتوری (۱۳، ۲۳ و ۴۰) و الکترونیک (۲۹) هستند.

نمرات بدست آمده از ANFIS نشان می‌دهد، تعداد تأمین‌کنندگان دارای نمره‌ی قابل قبول (نمره‌ی بالاتر از ۰.۵) در توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس تقریباً برابر با تعداد تأمین‌کنندگانی است که در این مقوله، نمره‌ی قابل قبولی را کسب نکرده‌اند و تعداد تأمین‌کنندگانی که در مقوله‌های توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس و توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی نمره‌ی قابل قبولی گرفته‌اند، بیشتر از تعداد تأمین‌کنندگانی است که در این مقوله‌ها نمره‌ی قابل قبولی نگرفته‌اند. این نسبت در مورد مقوله‌ی توسعه‌ی روابط بر عکس است (جدول ۷). این موضوع می‌تواند بیانگر این باشد که تأمین‌کنندگان صنعت خودروسازی ایران در زمینه‌ی توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس و محیطی، توسعه‌یافته‌تر از مقوله‌های ملموس و روابط هستند.

جدول شماره (۷): تعداد تأمین‌کنندگان با نمرات قابل قبول و غیرقابل قبول در مقوله‌های مختلف

مقوله‌ها	تعداد تأمین‌کنندگان با نمره‌ی قابل قبول (بیشتر از ۰.۵)	تعداد تأمین‌کنندگان با نمره‌ی غیر قابل قبول (کمتر از ۰.۵)
توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس	۲۷	۲۶
توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس	۳۳	۲۰
توسعه‌ی روابط	۲۴	۲۹
توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی	۳۸	۱۵

رضایی و همکاران (۲۰۱۵) یک روش برای SS بنام ماتریس پتانسیل تأمین‌کننده ارائه داده‌اند. روش آنها معیارهای موجود در ادبیات را در دو گروه طبقه‌بندی می‌کند: (۱) قابلیت‌ها که شامل دانش و مهارت‌های تأمین‌کننده است و (۲) تمایلات که به معنای انگیزه‌ی تأمین‌کننده برای همکاری با شرکت خریدار است. آنها ابتدا براساس دو بعد قابلیت‌ها و تمایلات، تأمین‌کنندگان را ارزیابی و در چهار گروه بخش‌بندی می‌کنند، سپس برای هر بخش استراتژی‌های توسعه‌ی مناسبی را ارائه می‌دهند. بخش‌بندی ارائه شده در این پژوهش با بخش‌بندی ارائه شده در مطالعه‌ی رضایی و همکاران (۲۰۱۵) سه تفاوت دارد؛ (۱) رضایی و همکاران (۲۰۱۵) از SS به SD رسیده‌اند اما، در این پژوهش از SD به SS و سپس SD رسیده‌ایم، زیرا ابتدا براساس نتایج حاصل از سنجش میزان SD، تأمین‌کنندگان را بخش‌بندی و سپس فعالیت‌های مناسب برای SD را پیشنهاد داده‌ایم و این همان چرخه‌ی SD و SS است. (۲) رضایی و همکاران (۲۰۱۵) نمره‌ی تأمین‌کنندگان در قابلیت‌ها و تمایلات را بدست آورده و سپس براساس نمره‌های بدست آمده، تأمین‌کنندگان را در چهار بخش طبقه‌بندی کردند اما، در این پژوهش نمره‌های تأمین‌کنندگان در توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس و ناملموس و همچنین توسعه‌ی روابط و قابلیت‌های محیطی بدست آمده است سپس براساس نمره‌های بدست آمده، تأمین‌کنندگان را دو بار بخش‌بندی کردیم که باعث می‌شود تحلیل‌های ما از نتایج بخش‌بندی دقیقتر و بکارگیری فعالیت‌های SD را با دقت بیشتری انجام دهیم. (۳) رضایی و همکاران (۲۰۱۵) برای پیشنهاد استراتژی‌ها یا فعالیت‌های توسعه‌ای مناسب از استراتژی‌های مستخرج از ادبیات و مدیران شرکت مورد مطالعه استفاده کرده‌اند اما، در این پژوهش برای پیشنهاد فعالیت‌های توسعه‌ای مناسب برای هر بخش، از مدل دوبعدی فعالیت‌های مرتبط با SD که به تفکیک برای هر مقوله آمده‌اند، استفاده کرده‌ایم.

با توجه به نتایج بدست آمده از روش‌های طراحی و بهینه‌سازی مورد استفاده در این پژوهش مشخص شد که: (۱) در همه‌ی آنها روش غالب برای طراحی ANFIS، روش FCM بوده است. (۲) در همه‌ی آنها روش‌های غالب برای بهینه‌سازی ANFIS، روش‌های بهینه‌سازی تکاملی بوده‌اند. (۳) روش‌های بهینه‌سازی ACO، DE و GA برای مقوله‌ی توسعه‌ی قابلیت‌های ملموس، روش‌های بهینه‌سازی ACO و DE برای مقوله‌ی توسعه‌ی قابلیت‌های ناملموس، روش‌های بهینه‌سازی ACO، DE و GA برای مقوله‌ی توسعه‌ی روابط، روش بهینه‌سازی GA برای مقوله‌ی توسعه‌ی قابلیت‌های محیطی غالب هستند. شایان ذکر است که این یافته‌ها مربوط به این پژوهش است و ممکن است در پژوهش‌های دیگر نتایج متفاوتی بدست آید. براساس نتایج بدست آمده در جدول ۷، به تولیدکنندگان صنعت خودروی ایران پیشنهاد می‌شود که برای توسعه‌ی تأمین‌کنندگان خود، اولویت بکارگیری فعالیت‌های مرتبط با توسعه‌ی روابط، ملموس، ناملموس و محیطی را در دستور کار خود قرار دهند.

هرچند فعالیتهای مرتبط با SD برای توسعه‌ی تامین‌کنندگان بخشهای ۱، ۲ و ۳ قابل استفاده هستند، اما تامین‌کنندگان بخش ۴، ضمن حفظ آنها توسط خریدار (تولیدکننده) و عدم حذف آنان در صورت کاهش پایه‌ی تامین، نباید فعالیتهای مرتبط با توسعه را نادیده بگیرند زیرا، با تغییراتی که در محیط اتفاق می‌افتد، ممکن است آنها نیز پس از مدتی به بخشهای ۱، ۲ و ۳ انتقال یابند. در این پژوهش همه‌گروههای تامین‌کنندگان (تزئینات، موتوری، استانداردها و مکانیزمها، تهویه، تعلیق، بدنه و الکترونیک) با هم در نظر گرفته شده‌اند. اما ممکن است نوع گروه و سطح تامین‌کننده در نحوه‌ی توسعه‌ی آن یا بکارگیری فعالیتهای مناسب برای توسعه تاثیر داشته باشند. پیشنهاد می‌شود پژوهشهای آینده در جهت تفکیک نوع و سطح تامین‌کنندگان جهت توسعه‌ی موضوع SD تلاش نمایند.

SS در این پژوهش براساس نمرات آنها در توسعه‌ی مقوله‌های مرتبط با هر بعد انجام گرفت که منجر به ارائه‌ی پیشنهاداتی در سطح تامین‌کنندگان شد. پژوهشهای آینده می‌توانند از تکنیکهای کمی از قبیل تاپسیس فازی، تامین‌کنندگان را بخش‌بندی کنند. همچنین تعداد بخشها می‌تواند بیشتر از چهار بخش نیز در نظر گرفته شود.

۴-منابع

1. Akman, G. (2015). Evaluating suppliers to include green supplier development programs via fuzzy c-means and VIKOR methods. *Computers & industrial engineering*, 86, 69-82
2. Arroyo-López, P., Holmen, E., & De Boer, L. (2012). How do supplier development programs affect suppliers? Insights for suppliers, buyers and governments from an empirical study in Mexico. *Business Process Management Journal*, 18(4), 680-707.
3. Asare, A. K., Brashear, T. G., 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*, 28(6), 523-532.
4. Askarian, B., Pourzarandi, E., Haghghat Monfared, J. (2021) Ranking of suppliers of drug supply chain suppliers by combining network analysis process techniques and fuzzy dimethyl. *Strategic Management in Industrial Systems*, 16(58).
5. Awasthi, A., & Kannan, G. (2016). Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment. *Computers & Industrial Engineering*, 91, 100-108.
6. 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. [in Persian].
7. Benton Jr, W. C., Prahinski, C., & Fan, Y. (2020). The influence of supplier development programs on supplier performance. *International Journal of Production Economics*, 230, 107793.
8. 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), 32-49.
9. 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.
10. Day, M., Magnan, G. M., & Moeller, M. M. (2010). Evaluating the bases of supplier segmentation: A review and taxonomy. *Industrial Marketing Management*, 39(4), 625-639.
11. Esmaeilzadeh, M., Olfat, L., Amiri, M., & Raesi Vanani, I. (2021). Designing and regulating supplier development systems using ANFIS and meta-heuristic algorithms in the automotive industry. *Production and Operations Management*, 12(3), 93-117. [in Persian].
12. 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, 102453.
13. Friedl, G., & Wagner, S. M. (2016). Supplier development investments in a triadic setting. *IEEE transactions on engineering management*, 63(2), 136-150.
 14. Glavee-Geo, R. (2019). Does supplier development lead to supplier satisfaction and relationship continuation? *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25(3), 100537.
 15. Paul, W. T., 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.
 16. Govindan, K., Kannan, D., & Noorul Haq, A. (2010). Analyzing supplier development criteria for an automobile industry. *Industrial Management & Data Systems*, 110(1), 43-62.
 17. Guan, J., Zurada, J., & Levitan, A. (2008). An adaptive neuro-fuzzy inference system based approach to real estate property assessment. *Journal of Real Estate Research*, 30(4), 395-422.
 18. Humphreys, P., Cadden, T., Wen-Li, L., & McHugh, M. (2011). An investigation into supplier development activities and their influence on performance in the Chinese electronics industry. *Production Planning and Control*, 22(2), 137-156.
 19. 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.
 20. Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard business review*, 61(5), 109-117.
 21. Kumar, C. S., & Routroy, S. (2018). Modeling Supplier Development barriers in Indian manufacturing industry. *Asia Pacific Management Review*, 23(4), 235-250.
 22. Kumar, C. S., & Routroy, S. (2014). Addressing the root cause impediments for supplier development in manufacturing environment. *Procedia Engineering*, 97, 2136-2146.
 23. Kumar, P., Shankar, R., & Yadav, S. S. (2012). An analysis of supplier development issues in global context: an approach of fuzzy based modelling. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 11(3), 407-428.
 24. 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.
 25. Lu, R. X., Lee, P. K., & Cheng, T. C. E. (2012). Socially responsible supplier development: Construct development and measurement validation. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 160-167.
 26. 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 [in Persian].
 27. Marksberry, P. (2012). Investigating "The Way" for Toyota suppliers: A quantitative outlook on Toyota's replicating efforts for supplier development. *Benchmarking: An International Journal*, 19(2), 277-298.
 28. Mizgier, K. J., Pasia, J. M., & Talluri, S. (2017). Multiobjective capital allocation for supplier development under risk. *International Journal of Production Research*, 55(18), 5243-5258.
 29. Nellore, R., & Söderquist, K. (2000). Portfolio approaches to procurement: Analysing the missing link to specifications. *Long range planning*, 33(2), 245-267.
 30. Olfat, L., Amiri, M., Raeesi Vanani, I., & Esmaeilzadeh, M. (2020). A two-dimensional model for Supplier Development criteria using Meta-synthesis method. *Industrial Management Studies*, 18(58), 59-104. [in Persian].

31. Olfat, L., Amiri, M., Raeesi Vanani, I., & Esmaeilzadeh, M. (2019). Identifying and categoring supplier development-related activities in the automative industry. *Journal of Industrial Management Perspective*, 9(3, Autumn 2019), 9-54. [in Persian]
32. Mohebian, R; Riahi, M.A; Kadkhodai, A, (2019), Combination of neural, fuzzy and neural-fuzzy methods using continuous ant algorithm for detection of reservoir facies, *Oil Research Journal*. 98[in Persian].
33. Olsen, R. F., & Ellram, L. M. (1997). A portfolio approach to supplier relationships. *Industrial marketing management*, 26(2), 101-113.
34. Parasuraman, A. (1980). Vendor segmentation: An additional level of market segmentation. *Industrial Marketing Management*, 9(1), 59-62.
35. Routroy, S., & Pradhan, S. K. (2014). Analyzing the performance of supplier development: a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
36. Praxmarer-Carus, S., Sucky, E., & Durst, S. M. (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.
37. Raafat, F., Judge, R., & Shrimali, L. (2012). Analysis of success factors in supplier development. *International Journal of Logistics Economics and Globalisation*, 4(4), 289-308.
38. Rafizadeh, Sh., Mohammadi Zanjirani, D. (2022) "Assessing Supplier Performance by Gray Data Envelopment Analysis with Application of Decision Making Preferences". *Journal of Strategic Management in Industrial Systems*, 17(59).
39. Rezaei, J., & Ortt, R. (2012). A multi-variable approach to supplier segmentation. *International Journal of Production Research*, 50(16), 4593-4611.
40. Rezaei, J., & Ortt, R. (2013). Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relation based AHP. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 75-84.
41. Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2015). Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. *Expert Systems with Applications*, 42(23), 9152-9164.
42. Routroy, S., & Kumar, C. S. (2015). Strategy for supplier development program implementation: a case study. *International Journal of Services and Operations Management*, 21(2), 238-264.
43. Routroy, S., & Kumar Pradhan, S. (2014). Benchmarking model of supplier development for an Indian gear manufacturing company. *Benchmarking: An International Journal*, 21(2), 253-275.
44. 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.
45. Routroy, S., & Sunil Kumar, C. V. (2014). Analyzing supplier development program enablers using fuzzy DEMATEL. *Measuring Business Excellence*, 18(4), 1-26.
46. Saghiri, S. S., & Mirzabeiki, V. (2021). Buyer-led environmental supplier development: Can suppliers really help it?. *International Journal of Production Economics*, 233, 107969.
47. Salimian, H., Rashidirad, M., & Soltani, E. (2017). A contingency view on the impact of supplier development on design and conformance quality performance. *Production Planning & Control*, 28(4), 310-320.
48. Shiralkar, K., Bongale, A., & Kumar, S. (2022). Issues with decision making methods for supplier segmentation in supplier relationship management: A literature review. *Materials Today: Proceedings*, 50, 1786-1792.

49. Svensson, G. (2004). Supplier segmentation in the automotive industry: A dyadic approach of a managerial model. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
50. Talluri, S., Narasimhan, R., & Chung, W. (2010). Manufacturer cooperation in supplier development under risk. *European Journal of Operational Research*, 207(1), 165-173.
51. Tran, P. N. T., Gorton, M., & Lemke, F. (2021). When supplier development initiatives fail: Identifying the causes of opportunism and unexpected outcomes. *Journal of Business Research*, 127, 277-289.
52. Parkouhi, S. V., Ghadikolaei, A. S., & Lajimi, H. F. (2019). Resilient supplier selection and segmentation in grey environment. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1123-1137.
53. Wagner, S. M. (2010). Indirect and direct supplier development: performance implications of individual and combined effects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 57(4), 536-546.
54. Wagner, S. M. (2006). Supplier development practices: an exploratory study. *European journal of marketing*, 40(5/6), 554-571.
55. Wagner, S. M. (2011). Supplier development and the relationship life-cycle. *International Journal of Production Economics*, 129(2), 277-283.



Cycle of Supplier Development and Segmentation Using ANFIS

Mansour Esmailzadeh (Corresponding Author)

Assistant Prof., Industrial Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics,
Management, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran (VRU)

Email: esmailzadeh@vru.ac.ir

Laya Olfat

Prof., Industrial Management, Faculty of management and accounting, Industrial Management,
Allame Tabataba'i University of Tehran, Iran (ATU)

Maghsoud Amiri

Prof., Industrial Management, Faculty of management and accounting, Industrial Management,
Allame Tabataba'i University of Tehran, Iran (ATU)

Iman Raeesi Vanani

Associate Prof., Faculty of management and accounting, Industrial Management, Allame Tabataba'i
University of Tehran, Iran (ATU)

Abstract

Manufacturers segment their strategic suppliers for their development. Supplier segmentation creates value and synergy with the supplier. This article aims to link supplier development and supplier segmentation using ANFIS in automotive industry. For this purpose, first for each category, using three methods three fuzzy-neural systems were designed and using six methods (two classical methods and four meta-heuristic algorithms) were optimized and the most suitable Neural Fuzzy system was selected. Then, the development score for 53 suppliers from the strategic suppliers of the automotive industry was predicted in four categories. According to the obtained scores, the suppliers were segmented. Finally, based on the activities related to the development of different capabilities, the necessary activities were proposed for the development of each of the suppliers. Results show that automotive industry manufacturers at the supplier level must prioritize the use of activities related to relationship development, tangible capabilities, intangible capabilities, and environmental capabilities. Due to the fact that few studies have been done in this field, in the end, while comparing this study with one of the foreign studies, suggestions for the Iranian automotive industry as well as future research are presented.

Keywords: Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS), Automotive Industry, Supplier Development (SD), Supplier Segmentation.