10.30495/QJOPM.2019.668706

«Productivity Management»
Vol.13, No.50, Autumn 2019
Date of receipt: 2018.09.06
Date of acceptance:2019.07.21
"Research Article"

Analyzing the Relationship among Humanized Flexible Manufacturing System (HFMS) Enablers in Auto Manufacturing Industries using Fuzzy Cognitive Map

Gholamreza Jamali (Ph.D.)[۱]

Masoumeh Mohammadi[۲]

Abstract

This study aimed to analyze the relationship among Humanized Flexible Manufacturing System (HFMS) enablers in auto-manufacturing Industries using the Fuzzy Cognitive Map (FCM) approach. The theoretical foundation of the study was set and consolidated through a comprehensive literature review and based on views from 10 experts in Iran auto-manufacturing companies. The research population comprised 20 auto-manufacturing industry experts familiar with the HFMS system and 320 employees at car manufacturing companies including Iran Khodro, Pars, and Zagros, Saipa, Kerman, Bahman and Modiran Khodro companies. A sample of 10 from the experts and 174 from the employees were randomly selected using Cochran Formula. The relationship among the HFMS system enablers was investigated by analyzing verbal tags in the form of FCM. The findings revealed that the most important flexible HFMS system enablers comprised employees' commitment, availability of trained personnel, top management involvement and commitment, effective long-term planning, sound favourable financial condition, reduced maintenance cost, organizational work culture, employees' satisfaction, provision of incentives and rewards and operational and control techniques. The findings underscore the key role of human factor in the FMS and signify the need for developing a road map in car-manufacturing companies that can be employed to prevent the loss of resources including human resources and updat the company's objectives and perspectives in the strategic planning process.

Key Words: Auto-manufacturing Industries, Fuzzy Cognitive Map, HFMS

۱-Assistant Professor, Department of Industrial Management, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, gjamali@pgu.ac.ir,

۲-MSc.,Department of Industrial Management, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, E-mail: Masoumehmohammadi417@yahoo.com

10.30495/QJOPM.2019.668706

«مدیریت بهره‌وری»
سال سیزدهم- شماره پنجاه- پاییز ۱۳۹۸
ص ص: ۲۰۴ - ۱۷۵
تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۳۰
نوع مقاله: پژوهشی

تحلیل ارتباط میان توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع خودروسازی با استفاده از رویکرد نقشه شناختی فازی

دکترغلامرضا جمالی*[۱]
معصومه محمدی[۲]

چکیده

هدف مطالۀ حاضر تحلیل ارتباط میان توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی مبتنی بر نقشه شناختی فازی در صنعت خودروسازی ایران می‌باشد. مبانی نظری و تحلیل‌های مربوطه با استفاده از قضاوت گروه خبره انجام گرفت. از آنجایی که اعضای گروه تمایل داشتند با متغیرهای زبانی و لفظی منظور خود را برسانند؛ لذا از مجموعه گسسته‌ای از برچسب‌های لفظی در قالب نقشه‌های شناخت فازی، بمنظور تبیین ارتباط بین توانمندسازها بهره‌گیری شد. جامعۀ آماری دو نوع بوده است. جامعه اول شامل ۲۰ نفر از خبرگان صنعت خودروسازی بوده که با سیستم ساخت انعطاف پذیر انسانی آشنایی داشته‌اند. که از بین آن‌ها ۱۰ نفر به طور تصادفی انتخاب شده‌اند. جامعه دوم شامل ۳۲۰نفر از کارکنان شرکت‌های شامل شرکت‌های ایران خودرو، پارس خودرو، زاگرس خودرو، سایپا، کرمان خودرو، گروه بهمن و مدیران خودرو بوده با استفاده از فرمول کوکران ۱۷۴ نفر به شیوه نمونه‌گیری تصادفی برگزیده شدند. نتایج نشان داد کلیدی‌ترین توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی عبارتند از: تعهد کارکنان، پرسنل آموزش دیده، مشارکت و تعهد مدیریت ارشد، برنامه‌ریزی بلندمدت مؤثر، وضعیت مالی مطلوب سازمان، کاهش هزینه نگهداری، فرهنگ کار در سازمان، رضایت کارکنان، مشوق‌ها و پاداش‌ها، و تکنیک‌های عملیاتی و کنترل. پیشنهاد می‌گردد با توجه به نقش و اهمیت جایگاه عامل انسانی در سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، یک نقشه راه در صنایع خودروسازی جهت جلوگیری از هدررفت منابع بویژه منابع انسانی تدوین گردیده تا بتوان در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک جهت بروز نمودن اهداف و چشم انداز شرکت از آن بهره گرفت.

واژه های کلیدی:

سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی، صنایع خودروسازی، نقشه شناختی فازی

۱-استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران(نویسنده مسؤول) gjamali @ pgu.ac.ir
۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

مقدمه

صنایع ساخت، نقش بسیار مهمی در تکامل جامعه مدرن ایفا می‌کند (تئو و همکاران[1]، ۲۰۱۷). در زمان رقابت جهانی، صنایع تولیدی به سیستم ساختی نیاز دارند که باعث بهبود بهره‌وری، کیفیت محصول، انعطاف‌پذیری در برخورد با نوسان تقاضا، کاهش زمان تأخیر، کنترل بهتر موجودی، کاهش هزینهٔ نیروی کار و انعطاف‌پذیری بالاتر شود. از این رو سیستم ساخت انعطاف‌پذیر[2] به طور گسترده در صنایع تولیدی مورد استفاده قرار گرفت (مانیا و بهات[3]،۲۰۱۱). پذیرش وبه کارگیری جدیدترین و آخرین سیستم‌های ساخت، یکی از مهمترین موضوعات در دنیای ساخت می‌باشد. سیستم‌های ساخت پیشرفته[4] مختلف مانند کنترل عددی رایانه‌ای[5]، ساخت یکپارچه رایانه‌ای[6] و سیستم ساخت انعطاف‌پذیر سیستم‌های ساختی هستند که بسیار شناخته شده‌اند و اغلب در کشورهای توسعه یافته استفاده می‌گردند. با این حال، کشورهای در حال توسعه نسبت به استفاده از این سیستم‌ها، به ویژه سیستم ساخت انعطاف‌پذیر مقاومت نشان داده‌اند. دلیل ساده، این است که سیستم ساخت انعطاف-پذیر از ربات‌ها و نقاله هدایت شده خودکار[7] برای انتقال مواد استفاده می‌کند. با وجود این، نیروی‌انسانی ارزان می‌باشد و به راحتی در دسترس این کشورها قرار دارد. بنابراین سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی[8] توسط نویسندگان به جای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، پیشنهاد شده است، که مطمئناً بر عامل انسانی تأکید دارد. سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی بیش از کنترل عددی رایانه‌ای، ساخت یکپارچه رایانه‌ای و سیستم ساخت انعطاف‌پذیر در انعطاف‌پذیری، پیکربندی مجدد، موجودی، هزینه‌های عملیاتی، پاسخ گویی و بهره‌وری سودمند می‌باشد (ناگار و راج[9]، ۲۰۱۲). شرکت‌ها باید توانمندی‌ها و محدودیت‌های خود را قبل از تصمیم به به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در نظر بگیرند. به عبارتی

1. Tao & et al
2. Flexible Manufacturing Systems (FMS)
3. Maniya & Bhatt
4. Advanced Manufacturing Systems (AMS)
5. Computer Numerical Control (CNC)
6. Computer Integrated Manufacturing (CIM)
7. Automated Guided Vehicle (AGV)
8. Humanized Flexible Manufacturing System (HFMS)
9. Nagar & Raj

دیگر آن‌ها باید عوامل کلیدی موفقیت[1] را قبل از استفاده و به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی مؤثر در سودمندی خود ارزیابی کنند. بنابراین، تجزیه و تحلیل عوامل کلیدی موفقیت برای کسب منافع و پذیرش موفقیت‌آمیز سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی مهم به نظر می‌رسد (ناگار و راج، ۲۰۱۲). در دو دهه گذشته، شماری از محققان به انتخاب و پذیرش سیستم ساخت انعطاف‌پذیر اشاره کرده‌اند. با وجود این، در کشور ایران به نقش و اهمیت جایگاه عامل انسانی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر در صنایع خودرو توجه چندانی نشده است. با شناسایی و تحلیل سیستم ساخت انعطاف‌پذیرانسانی، می‌توان یک نقشه راه را به مدیران این صنعت ارائه نمود تا از این طریق از هدررفت منابع به ویژه منابع انسانی جلوگیری شود. در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا اصلی‌ترین توانمندسازهای مؤثر بر به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیرانسانی در صنایع خودروسازی شناسایی و ارتباطات میان آن‌ها تبیین گردد.

سازمان‌های تولیدی در طی دو دهه گذشته با تغییرات سریع و بی‌سابقه‌ای در فناوری، رقابت و نیازمندی‌های مشتریان مواجه بوده‌اند. این تغییرات، سازمان‌ها را به سمت چالش‌های نوینی هدایت کرده که عدم توجه به آنها بقا و موفقیت سازمان را به طور فزاینده‌ای تهدید می‌کند (اسماعیلیان و مولوی، ۱۳۹۳). در طول سال‌های اخیر، سازمان‌های تولیدی با بسیاری از تغییرات غیرقابل پیش‌بینی بازار، مانند چرخه‌های عمر کوتاه شده محصول، پیشرفت فناورانه، فشار شدید از جانب رقبا، و انتظارات همیشه در حال رشد مشتریان برای محصولات با کیفیت عالی با هزینه‌ای کمتر، روبرو هستند. شرایط بازار، پویاتر و مشتری محورتر گردیده است و دیگر عملکرد تولید به وسیله قیمت محصول تعیین نمی‌گردد؛ به بیان دیگر، عوامل رقابتی دیگری مانند انعطاف‌پذیری، کیفیت و تحویل دارای اهمیت یکسان شده‌اند. از این رو، سازندگان خواستار چنین نوع تکنولوژی تولیدی هستند که در آن تغییرات، محصولات می‌توانند با حداقل زمان و هزینه ممکن و در دسته‌های کوچک متوسط ساخته شوند. در بازار جهانی رقابتی امروزی، شرکت‌های تولیدی برای بقای خود، به انعطاف‌پذیری، تطبیق‌پذیری، پاسخ گویی به تغییرات و توانایی تولید محصولات متنوع در زمان کوتاه و با هزینه کمتر نیاز دارند (راج و همکاران[2]، ۲۰۰۷). همچنین شرکت‌ها برای

1. Critical Success Factors
2. Raj et al.,

رسیدن به اهدافی چون: رشد، سودآوری و ورود به بازارهای جدید و جذاب می‌باید خلاق باشند (صفدری رنجبر و همکاران، ۱۳۹۴).

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در زمینه علل استفاده و پیاده سازی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر صورت گرفته است. اما پژوهش‌های انجام شده در زمینه به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی اندک می‌باشد. از جمله طلایی و همکاران (۱۳۹۶) توانمندسازهای سیستم تولید انعطاف‌پذیر را با رویکردهای مدل‌سازی ساختاری تفسیری[1] و فرآیند رتبه‌بندی تفسیری[2] تحلیل کردند. مدل‌سازی ساختاری تفسیری اهمیت تعهد مدیریت ارشد و سرمایه‌گذاری مالی را نسبت به سایر توانمندسازها نشان داد، در حالیکه فرآیند رتبه‌بندی تفسیری مدیریت زنجیره تأمین و تکنیک‌های عملیاتی و کنترل را به عنوان مهمترین توانمندسازها با توجه به حوزه‌های عملکردی معرفی نمود. توانمندسازهای معرفی شده در این مطالۀ عبارتند از: تعهد مدیریت ارشد (چشم‌انداز روشن و برنامه‌ریزی بلندمدت مؤثر)، فرهنگ کار در سازمان (نداشتن ترس از شکست، وجود افراد آموزش دیده و توانایی تصمیم‌گیری)، متدولوژی‌های مؤثر (برنامه‌ریزی مواد مورد نیاز، پروتکل اتوماسیون تولید، برنامه‌ریزی منابع سازمانی)، سرمایه مالی (حمایت دولت و تخصیص بودجه، حمایت بخش خصوصی، در اختیار داشتن فضای کافی)، تکنیک‌های عملیاتی و کنترل (اتوماسیون، نقاله هدایت شده خودکار، ذخیره‌سازی خودکار و سیستم بازیابی[3])، مدیریت زنجیره تأمین (همکاری مناسب با تأمین-کنندگان، انسجام و یکپارچگی، همکاری)، سیستم خبره (هوش مصنوعی، استفاده مؤثر از فناوری‌های اطلاعات، تخصیص ماشین‌آلات، تخصیص ترافیک محصولات). این پژوهش دو رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری و فرآیند رتبه‌بندی تفسیری را مقایسه می‌کند. نتایج نشان داد که فرآیند رتبه‌بندی تفسیری ابزار قوی‌تری است. زیرا روابط میان توانمندسازها را با شاخص‌های قابل اندازه‌گیری عملکرد مورد توجه قرار می‌دهد.

ناگار و راج (۲۰۱۳)، به ارزیابی گراف جهت‌دار برای تغییر به سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی، بر ارزیابی توانایی شرکت‌ها جهت به کارگیری یک سیستم ساخت پیشرفته پیشنهاد شده جدید مانند سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی پرداختند. یافته‌های اصلی پژوهش آن‌ها بیانگر این است که توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی شامل توانمندسازهای

1. Interpretive Structural Modelling (ISM)
2. Interpretive Ranking Process
3. Automatic Storage and Retrieval System

انسانی، مالی، سازمانی، فنی و راهبردی می‌باشند. توانمندسازهای انسانی را دسترسی فراوان به نیروی انسانی، قابلیت‌های متعدد عناصر انسانی، پرسنل آموزش دیده و در دسترس، تعهد کارکنان برای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی و حمل مؤثر مواد تشکیل می‌دهند. توانمندسازهای راهبردی به بیرون راندن ترس، چشم‌انداز روشن، مشارکت و تعهد مدیریت ارشد، برنامه‌ریزی بلندمدت مؤثر و سیاست‌های مساعد دولت مرتبط می‌شود. توانمندسازهای مالی شامل وضعیت مالی مطلوب سازمان، کاهش هزینهٔ نگهداری، کمک مالی از طرف دولت، قدرت دولت برای کاهش قیمتها و کاهش مالیات می‌باشند. توانمندسازهای سازمانی شامل فرهنگ کار در سازمان، رضایت کارکنان، انعام، مشوق‌ها و پاداش‌ها و فرصت‌های توسعه شغلی می‌باشند. برای توانمندسازهای فنی، زیر توانمندسازهای تکنیک‌های کنترل و عملیاتی، روش‌شناسی‌های مؤثر مانند برنامه‌ریزی نیازمندی مواد[1]، پروتکل خودکارسازی تولید[2] و پروتکل اداره فنی[3]، کاهش زمان راه‌اندازی، حمل مؤثر قطعات گوناگون، زمانبندی کارا و تعمیر خرابی‌ها به طور کارا در نظر گرفتند.

ناگار و راج (۲۰۱۲)، به تجزیه و تحلیل عوامل حیاتی موفقیت برای اجرای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع پرداختند. در این پژوهش به شانزده عامل کلیدی موفقیت اشاره گردیده است که عبارتند از: تعهد و مشارکت مدیریت عالی، شرایط مالی مطلوب سازمان، چشم‌انداز روشن، بیرون راندن ترس، دانش مطلوب درباره سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی، برنامه‌ریزی همکاری برای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی، دسترسی به پرسنل آموزش‌دیده، سیاست‌ها، قوانین و مقررات مطلوب دولت، تعهد کارکنان، تمایل به کار در تیم، تغییر در تقاضاهای مشتری، انرژی برای کار، فرهنگ کار در سازمان، قابلیت‌های متعدد عنصر انسانی، اثرات انگیزشی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی و دسترسی فراوان به نیروی انسانی.

ناگار و راج (۲۰۱۲)، با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[4] جهت انتخاب سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی: از دیدگاه هندی‌ها، به رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای، انعطاف‌پذیری (انعطاف‌پذیری مسیریابی و ماشین‌آلات)، بهره‌وری (طرح‌بندی

1. Material Requirement Planning
2. Manufacturing Automation Protocol
3. Technical Office Protocol
4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

سیستم، انواع ماشین‌ابزارها، نیازمندی‌های نیروی انسانی و سرعت حمل و نقل مواد)، موجودی (موجودی مواد خام، کار در جریان[1] و تمام شده)، هزینهٔ عملیات (موجودی تمام شده، هزینهٔ نگهداری و هزینهٔ ضایعات)، پاسخ گویی (تنوع گسترده محصولات، ظرفیت حمل محصولات جدید، سرعت پاسخ گویی و زمان تأخیر ساخت) و پیکربندی مجدد (توانایی یکپارچه‌سازی، سفارشی‌سازی و سنجش‌پذیری) که در بهبود عملکرد سیستم ساخت مؤثر هستند و برای چهار نوع از سیستم‌های ساخت مانند کنترل عددی رایانه‌ای، ساخت یکپارچه رایانه‌ای، سیستم ساخت انعطاف‌پذیر و سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی پرداختند، و براساس نظر کارشناسان، بهترین سیستم ساخت پیشرفته را در محیط صنایع هند انتخاب نمودند.

یافته‌های حاصل از پژوهش راج و همکاران (۲۰۱۰)، نشان داد که سیستم ساخت انعطاف‌پذیر یک سیستم پیچیده و فشرده است که به سرمایه‌گذاری یالایی نیاز دارد. به منظور رسیدن به مزایای اقتصادی بهتر، باید در طراحی و به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر به دقت تصمیم گرفت. پذیرش و به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر مستلزم سطح بالایی از بلوغ مدیریت عالی، در دسترس بودن بودجه، در دسترس بودن فروشندگان قابل اعتماد و یکپارچه‌سازی امکانات متنوع در سیستم ساخت انعطاف‌پذیر می‌باشد. بنابراین، درک ماهیت توانمندسازهای مختلف و تاثیر آن‌ها بر اجرای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر ضروری است. آن‌ها، توانمندسازها را به شش دسته طبقه‌بندی نمودند که عبارتند از توانمندسازهای رفتاری، غیررفتاری، مالی، روش‌شناسی‌ها، عملیاتی، و انسانی و فرهنگی. توانمندسازهای رفتاری شامل تعهد مدیریت ارشد، چشم‌انداز روشن، برنامه‌ریزی بلندمدت مؤثر، بیرون راندن ترس، انگیزش و روحیه تیمی و در دسترس بودن پرسنل آموزش‌دیده می‌باشند و همچنین توانمندسازهای غیررفتاری شامل در دسترس بودن منابع، در دسترس بودن فضای کافی، در دسترس بودن فروشندگان کالا و گسترش آسان کارخانه، توانمندسازهای مالی شامل بودجه برای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، گرفتن وام از سازمان‌های خصوصی، کمک مالی از طرف دولت، قدرت دولت برای کاهش قیمت‌ها و مالیات پایین، روش‌شناسی‌ها شامل روش‌شناسی‌های مؤثر مانند برنامه‌ریزی نیازمندی مواد، پروتکل خودکارسازی تولید و پروتکل اداره فنی، استفاده مؤثر از توانمندسازهای فناوری

1. Work In Progress

اطلاعات[1]، مدیریت زنجیره تأمین[2] و تکنیک‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای، توانمندسازهای عملیاتی شامل تکنیک‌های عملیاتی و کنترل، تولید خودکار با نقاله هدایت شده خودکار، سیستم خبره، تولید خودکار با ربات‌ها، فناوری‌های حسگر پیشرفته و مدیریت ابزار مناسب و توانمندسازهای انسانی و فرهنگی شامل تمایل منابع انسانی به استفاده از سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، مهارت‌های متعدد و بهتر، توانایی تصمیم‌گیری- حل مشکلات، توانایی- اختیار برای آموزش مستمر و فرهنگ کار در سازمان می‌باشند.

راج و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از رویکرد تئوری گراف تأثیر موانع مختلف در فرآیند به کارگیری سیستم‌های ساخت انعطاف‌پذیر را شناسایی کردند. آن‌ها، موانع را به شش دسته طبقه‌بندی نمودند که عبارتند از: موانع رفتاری، فنی، عملیاتی، مالی، و راهبردی و زنجیره تأمین. موانع رفتاری شامل: ترس از شکست، فقدان چشم‌انداز روشن، مقاومت کارکنان، عدم تعهد مدیریت عالی، پیامدهای اجتماعی با توجه به کاهش حقوق کارکنان و نیروی کار ارزان می‌باشند و همچنین موانع فنی شامل: مشکل در استفاده از تجهیزات با تکنولوژی بالا مانند نقاله هدایت شده خودکار، روبات‌ها، ذخیره‌سازی خودکار و سیستم بازیابی و غیره، فقدان دانش فنی، عدم دسترسی به پرسنل آموزش دیده، تکنیک‌های عملیاتی پیچیده سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، عدم اطمینان فنی و مشکل در یکپارچه‌سازی اجزای مختلف سیستم‌های ساخت انعطاف‌پذیر، موانع عملیاتی شامل: کمبود منابع، مسائل نگهداری یا تعمیر، مشکل در اداره مسائل زمانبندی سیستم‌های ساخت انعطاف‌پذیر، مسائل مدیریت ابزار و مسائل طرح‌بندی، موانع مالی شامل، هزینهٔ بالای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، عدم دسترسی به بودجه یا منابع مالی، مالیات‌های بالا مانند مالیات بر فروش، مالیات غیر مستقیم، و غیره، نرخ ضعیف بازگشت سرمایه و دوره بازپرداخت طولانی، موانع راهبردی شامل: مسائل برنامه‌ریزی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، زمان توان عملیاتی پائین، سیاست‌های نامساعد دولت، مسائل سنجش انعطاف‌پذیری، عدم دسترسی به فروشندگان کالا و عدم انجام مطالعات امکان سنجی، موانع زنجیره تأمین شامل: مسائل انتخاب فروشنده در عرضه تجهیزات با تکنولوژی بالا، خسارات و ضررهای هنگفت ناشی از سهم بازار در طی دوره انتقال، عدم برنامه‌ریزی زنجیره تأمین و هماهنگی و عدم اطمینان در تقاضا می‌باشند. این موانع نه تنها بر محیط

1. Information Technology
2 . Supply Chain Management

ساخت یک سازمان خاص تأثیر دارند بلکه پذیرش سیستم‌های ساخت انعطاف‌پذیر را در صنایع دیگر نیز تضعیف می‌کنند. در این مقاله ملاحظه گردید که علاوه بر موانع فنی و عملیاتی، موانع رفتاری نیز به شدت قابل توجه می‌باشند. بنابراین، نمی‌توان جنبه انسانی به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر و پیامدهای آن را نادیده گرفت.

راج و همکاران (۲۰۰۸)، به مدلسازی توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری در هند پرداختند و برخی توانمندسازهای کلیدی جهت به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر را شناسایی نمودند. در این پژوهش به ۱۸ توانمندساز برای تغییر به سیستم ساخت انعطاف‌پذیراشاره شده است که عبارتند از تعهد مدیریت عالی، چشم‌انداز روشن، برنامه‌ریزی بلندمدت مؤثر، انگیزه و روحیه‌ی تیمی، از بین بردن ترس، فرهنگ کار در سازمان، روش‌شناسی‌های مؤثر مانند برنامه‌ریزی نیازمندی مواد، پروتکل خودکارسازی تولید و پروتکل اداره فنی، سرمایه مالی جهت پیاده‌سازی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، تکنیک‌های عملیاتی و کنترل، در دسترس داشتن پرسنل آموزش دیده، تولید خودکار با استفاده از ربات‌ها، تمایل نیروی انسانی به پذیرش سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، تولید خودکار با استفاده از نقاله هدایت شده خودکار، استفاده مؤثر از استانداردهای فناوری اطلاعات، در اختیار داشتن فضای کافی، دسترسی به حمایت از طرف دولت. همچنین نتایج بیانگر این است که تعهد مدیریت عالی به به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر در شرکت کمک خواهد کرد و شرکت می‌تواند برخی از مزایای راهبردی و تاکتیکی مانند: کسب مزیت رقابتی بهتر، توسعه مهندسی و تخصص مدیریت، توانایی سریعتر در معرفی محصولات جدید به بازار، کاهش زمان راه‌اندازی، کاهش کار در جریان موجودی، بهبود کیفیت، بهبود در پاسخ به تقاضای گوناگون، بهبود شرایط کاری و بهبود توانایی در طراحی یا تغییر زیاد در فرآیند بدست آورد.

راج و همکاران (۲۰۰۷)، مروری بر پیامدها و شناسایی برخی موانع در به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر داشتند. در این پژوهش به ۲۳ مانع اشاره نموده‌اند که عبارتند از: تکنیک‌های کنترل و عملیاتی پیچیده سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، ترس از شکست، مقاومت کارکنان در انتقال سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، فقدان چشم‌انداز روشن، هزینهٔ بالای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، عدم تعهد مدیریت عالی، مشکل در سنجش انعطاف‌پذیری ساخت، نرخ ضعیف در بازگشت سرمایه‌گذاری زیاد، عدم دسترسی به هر حمایتی از طرف دولت، نیروی کار ارزان، مشکل در استفاده از وسایل هدایت شونده خودکار، عدم دسترسی به پرسنل

آموزش دیده برای اداره کردن محیط پیچیده سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، مسئله انتخاب فروشنده در عرضه تجهیزات با تکنولوژی بالا، مشکل در تغییر طرح‌بندی کنونی ماشین‌آلات و غیره، مسائل طرح‌بندی در سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، خسارات و ضررهای هنگفت، به عنوان مثال، از دست دادن سهم بازار در طول دوران انتقال، مسائل مدیت ابزار، مسائل نگهداری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، مشکل اداره کردن مسائل بارگذاری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، پیامدهای اجتماعی با توجه به کاهش حقوق کارکنان، مشکل اداره کردن مسائل زمانبندی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، مسائل برنامه‌ریزی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، عدم دسترسی به فروشندگان کالا و زمان ساخت.

بایازیت[1] (۲۰۰۵)، با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فناوری‌های ساخت پیشرفته مانند سیستم ساخت انعطاف‌پذیر را مورد ارزیابی قرار دادند و یک مدلی را جهت راهنمایی به مدیران کارخانه ساخت تراکتور در ترکیه ارائه نمودند. در این مدل ۲۸ معیار در نظر گرفته شد که این معیارها عبارتند از بهبود کیفیت، تحویل سریعتر، تنوع محصول، رضایت مشتری، زمان راه‌اندازی، سرعت برش، زمان تولید، هزینه نیروی کار، تعداد اپراتورها، تعداد عملیات‌ها، تعداد ماشین‌ابزارها، بهره‌وری، استفاده از ماشین‌آلات، سوددهی، قدرت رقابت بلندمدت، تعهد مدیریت عالی، آموزش دادن کارگران، شرایط ناپایدار، درگیری کارگران، قابلیت اعتماد و اطمینان در تحویل، در دسترس بودن مواد، به تأخیر افتادن در فرآیند ورود محصول، هزینه‌های اولیه بالا، ضرورت توسعه دادن مدل‌های خاص شرکت، نیازمندی‌های فضا، زمان تأخیر در به کارگیری طولانی، نیاز به نیروی کار و کنترل رایانه مرکزی.

رائو و دشمخ[2] (۱۹۹۴)، چارچوبی استراتژیک جهت به کارگیری سیستم‌های ساخت انعطاف‌پذیر در هند ارائه نمودند. همچنین، به ورودی‌های اساسی و مزیت‌های سیستم ساخت انعطاف‌پذیر اشاره نموده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از: موقعیت بازار (رقابت شدید، افزایش در تنوع محصول و متمایزسازی محصول و پشتیبانی عادی برای کیفیت بالای محصول)؛ منابع در دسترس (عرضه مستمر و قابل اطمینان مواد خام، نیروی کار مهارت دیده و ارزان، عرضه نیروی مطمئن و موقعیت تکنولوژی) و اهداف مدیریتی (کاهش در موجودی، کاهش

1. Bayazit
2. Rao & Deshmukh

هزینه‌های ساخت، کاهش در زمان‌های تأخیر، کاهش هزینه‌های کار، کیفیت بالای محصولات و محصولات متنوع).

بلاسی و فدلالا[1] (۱۹۹۸)، یک چارچوب یکپارچه‌سازی شده جهت توسعه سیستم ساخت انعطاف‌پذیر ارائه نمودند. آنها در مدل پژوهشی خود جهت پذیرش تکنولوژی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، ویژگی‌های سیستم ساخت انعطاف‌پذیر را فرهنگ سازمانی، استراتژی سازمانی، ساختار سازمانی، سبک مدیریتی و عوامل دیگر که عوامل محیطی و صنعتی می‌باشند در نظر گرفتند.

جدول شماره ۱: عوامل مرتبط با توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع خودروسازی

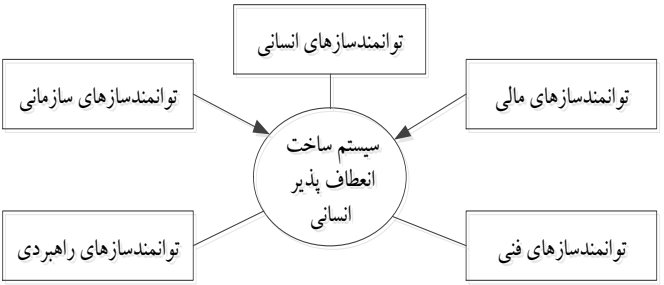
ردیف	منابع	عامل
۱	(ناگار و راج، ۲۰۱۲)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (پراکاش و همکاران[2]، ۲۰۱۸)	دسترسی فراوان به نیروی انسانی
۲	(رائو و دشمخ، ۱۹۹۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۲)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	قابلیت‌های متعدد عناصر انسانی
۳	(کوردرو[3]، ۱۹۹۷)، (ناگار و راج، ۲۰۱۲)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (پراکاش و همکاران، ۲۰۱۸)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)	پرسنل آموزش دیده و در دسترس
۴	(تئودورو و فلورو[4]، ۲۰۰۸)، (کاردی و کرزیستوفیاک[5]، ۱۹۹۱)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	تعهد کارکنان
۵	(ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (پراکاش و همکاران، ۲۰۱۸)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)	چشم‌انداز روشن
۶	(مامالیز[6]، ۲۰۰۵)، (رائو و دشمخ، ۱۹۹۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (پراکاش و همکاران، ۲۰۱۸)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)	مشارکت و تعهد مدیریت ارشد
۷	(ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (چان و چان[7]، ۲۰۰۴)، (پراکاش و همکاران، ۲۰۱۸)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)	برنامه‌ریزی بلند مدت مؤثر
۸	(نارین و همکاران[8]، ۲۰۰۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (پراکاش و همکاران، ۲۰۱۸)	سیاست‌های مناسب دولت
۹	(نارین و همکاران، ۲۰۰۴)، (لورنسا و همکاران[9]، ۲۰۰۵)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	وضعیت مالی مطلوب سازمان
۱۰	(رائو و پادمانابهن[10]، ۲۰۰۶)، (راج و همکاران، ۲۰۰۸)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	کاهش هزینه نگهداری

1. Belassi & Fadlalla
2. Prakash et al.,
3. Cordero
4. Theodorou & Florou
5. Cardy & Krzystofiak
6. Mamalis
7. Chan & Chan
8. Narain et al.,
9. Llorensa et al.,
10. Rao & Padmanabhan

۱۱	(نارین و همکاران، ۲۰۰۴)، (دهینش و همکاران[1]، ۲۰۰۵)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)	کمک مالی از طرف دولت
۱۲	(ناگار و راج، ۲۰۱۳)	قدرت دولت برای کاهش قیمت‌ها
۱۳		کاهش مالیات
۱۴	(بلاسی و فدلالا، ۱۹۹۸)، (چان و چان، ۲۰۰۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (پراکاش و همکاران، ۲۰۱۸)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)	فرهنگ کار در سازمان
۱۵	(راج و همکاران، ۲۰۰۷)، (لورنسا و همکاران، ۲۰۰۵)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	رضایت کارکنان
۱۶	(کاگلیانو و اسپینا[2]، ۲۰۰۰) ،(نارین و همکاران، ۲۰۰۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	مشوق‌ها و پاداش‌ها
۱۷	(ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (چان و چان، ۲۰۰۴)	فرصت‌های توسعه شغلی
۱۸	(جریکو و همکاران[3]، ۲۰۰۱)، (نارین و همکاران، ۲۰۰۴)، (کاگلیانو و اسپینا، ۲۰۰۰)، (چان و چان، ۲۰۰۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (پراکاش و همکاران، ۲۰۱۸)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)	تکنیک‌های عملیاتی و کنترل
۱۹	(تئودورو و فلورو، ۲۰۰۸)، (چان و چان، ۲۰۰۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)، (پراکاش و همکاران، ۲۰۱۸)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)	روش‌شناسی‌های مؤثر مانند برنامه‌ریزی نیازمندی مواد، پروتکل خودکارسازی تولید و پروتکل اداره فنی
۲۰	(دهینش و همکاران، ۲۰۰۵)، (تئودورو و فلورو، ۲۰۰۸)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	کاهش زمان راه‌اندازی
۲۱	(لورنسا و همکاران، ۲۰۰۵)، (نارین و همکاران، ۲۰۰۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	حمل مؤثر قطعات گوناگون
۲۲	(راج و همکاران، ۲۰۰۷)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	زمانبندی کارا
۲۳	(بیورگان و همکاران[4]، ۲۰۰۴)، (نارین و همکاران، ۲۰۰۴)، (چان و چان، ۲۰۰۴)، (ناگار و راج، ۲۰۱۳)	تعمیر خرابی‌ها به طور کارا

از طریق بررسی پیشینهٔ پژوهش می‌توان توانمندسازهایی که تسهیل‌کننده پذیرش و اجرای مؤثر سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی می‌باشند را مطابق با شکل ۱ نشان داد.

1. Dhinesh & et al
2. Cagliano & Spina
3. Grieco et al.,
4. Buyurgan et al.,



شکل شماره ۱: توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی

در پژوهش حاضر، با استفاده از ادبیات موضوع در حوزه توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی و نظر خبرگان، ۲۳ عامل که دارای بیشترین تکرارپذیری و فراوانی در پژوهش‌های مختلف بودند انتخاب گردیدند. این عوامل به‌عنوان فهرست اولیهٔ عوامل مرتبط با توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع خودروسازی شناسایی شدند. جدول شماره ۱ فهرست این عوامل را نشان می‌دهد.

ابزار و روش

این پژوهش به دنبال تحلیل ارتباط میان توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع خودروسازی بوده است. در این راستا ابتدا، عوامل با بررسی پیشینه پژوهش و نظر خبرگان شناسایی شده و سپس پرسش نامه مورد نظر طراحی و در میان کارشناسان و متخصصین توزیع گردید. اطلاعات حاصله با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS22 و اکسل ۲۰۱۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مرحله بعد مواردی را که دارای امتیاز کمتر از میانگین بوده‌اند حذف نموده و عواملی را که دارای امتیاز بیشتر از میانگین بوده‌اند برای مرحله بعدی پژوهش در نظر گرفته شدند. در نهایت با استفاده از رویکرد ترکیبی نقشه شناختی فازی[1] و گروه کانونی، چگونگی ارتباط میان این عوامل مرتبط با توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی تحلیل و تبیین گردید. دوره زمانی اجرایی پژوهش سال ۱۳۹۴ بوده است.

این پژوهش دارای دو نوع جامعهٔ آماری بوده است. جامعه اول شامل ۲۰ نفر از خبرگان صنعت خودروسازی بوده که با سیستم ساخت انعطاف پذیر انسانی آشنایی داشته‌اند. که از بین آن‌ها ۱۰ نفر به طور تصادفی انتخاب شده‌اند. از این افراد در اجرای تکنیک دلفی و برای

1. Fuzzy Cognitive Map (FCM)

انتخاب متغیرهای پژوهش استفاده شده است. جامعه دوم شامل ۳۲۰ نفر از کارکنان شرکت‌های ایران خودرو، پارس خودرو، زاگرس خودرو، سایپا، کرمان خودرو، گروه بهمن و مدیران خودرو می‌باشد که اندازه نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۱۷۴ نفر به شیوه نمونه‌گیری تصادفی برگزیده شدند.

مطابق با جدول شماره ۲ مقادیر پایایی پرسش نامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ توسط نرم‌افزار SPSS22 محاسبه شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به اینکه ضریب آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۷ می‌باشد، می‌توان پایایی پرسش نامهٔ پژوهش را مناسب ارزیابی نمود.

جدول شماره ۲: ضرایب آلفای کرونباخ

متغیرها	تعداد پرسش‌ها	آلفای کرونباخ
توانمندسازهای انسانی	۴	۰/۸۹۰
توانمندسازهای راهبردی	۴	۰/۸۶۷
توانمندسازهای مالی	۵	۰/۸۶۸
توانمندسازهای سازمانی	۴	۰/۸۶۹
توانمندسازهای فنی	۶	۰/۸۸۷
کل ابزار پژوهش	۲۳	۰/۸۶۸

برای توصیف داده‌ها در تحقیق از آمار توصیفی استفاده شده که شامل شاخص‌هایی از جمله فراوانی، درصد، میانگین، انحراف معیار می‌باشد که در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول شماره ۳: ویژگی‌های فردی پاسخ گویان

ویژگی‌ها	فراوانی	درصد
جنسیت	زن: ۱۹	۱۰/۹
	مرد: ۱۵۵	۸۹/۱
سن	بین ۲۳ تا ۲۸ سال: ۱۸	۱۰/۳
	بین ۲۹ تا ۳۴ سال: ۵۱	۲۹/۳
	بین ۳۵ تا ۴۰ سال: ۵۵	۳۱/۶
	بین ۴۱ تا ۴۶ سال: ۱۶	۹/۲
	بین ۴۷ تا ۵۲ سال: ۲۴	۱۳/۸
	بین ۵۳ تا ۵۸ سال: ۱۰	۵/۸

سابقهٔ فعالیت	کمتر از ۵ سال: ۲۰	۱۱/۵
	بین ۵ تا ۱۰ سال: ۵۶	۳۲/۲
	بیشتر از ۱۰ سال: ۹۸	۵۶/۳
سطح تحصیلات	لیسانس: ۹۲	۵۲/۹
	فوق لیسانس: ۵۸	۳۳/۳
	دکتری: ۲۴	۱۳/۸

مطابق با جدول ۳ بیشترین فراوانی‌ها مربوط به پاسخ‌دهندگان مرد، گروه سنی ۳۵ تا ۴۰ سال، با سابقهٔ فعالیت بیشتر از ۱۰ سال خدمت، و تحصیلات لیسانس بوده است. همچنین، جدول ۴ بیانگر تحلیل داده‌های آمار توصیفی، بدین شرح است:

جدول شماره ٤: شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیرها	Min	Max	میانگین	انحراف معیار
توانمندسازهای انسانی	۱/۲۵	۵	۴/۰۶۹	۰/۸۲۴
توانمندسازهای راهبردی	۱/۷۵	۵	۳/۷۴۸	۰/۸۲۱
توانمندسازهای مالی	۲/۲۰	۵	۴/۲۱۴	۰/۶۵۵
توانمندسازهای سازمانی	۱	۵	۴/۱۵۴	۰/۶۸۸
توانمندسازهای فنی	۲/۱۷	۵	۳/۹۸۸	۰/۷۰۶

پیشینه پژوهش(جدول شماره ۱) نشان داد که ۲۳ عامل مرتبط با توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی را می‌توان شناسایی نمود. تعداد زیاد این متغیرها و لزوم کاهش و حفظ متغیرهای با اهمیت‌تر ایجاب کرد که به طراحی پرسش نامه و نظرسنجی اقدام شود. پرسش نامهٔ طراحی شده حاوی ۲۳ گویه بوده است که در آن از طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت استفاده گردید. روایی پرسش نامه با استفاده از نظر کارشناسان و خبرگان صنایع خودروسازی و استادان دانشگاه که به موضوع سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی آگاهی داشته‌اند مورد تایید قرار گرفت. سپس تعداد ۴۵ نمونه اولیه از آن توزیع و ابهامات و نارسایی‌های احتمالی رفع گردید. جهت اجرای پژوهش، تعداد ۲۰۰ پرسش نامه توزیع گردید که از این میان، تعداد ۱۷۴ پرسش نامه تکمیل و بازگردانده شد. و در نهایت ده عامل که بیشترین امتیاز را کسب نموده بودند انتخاب شدند. در بخش دوم پژوهش، پرسش نامهٔ دیگری طراحی گردید که حاوی ده گویه (ده متغیر با اهمیت‌تر تحقیق) بود که خبرگان به هر پرسش در بازه صفر تا صد امتیاز دادند.

یافته‌ها

نتایج آزمون میانگین یک جامعه

برای تمامی ۲۳ عامل شناسایی شده، دو فرض آماری زیر طراحی و صحت آن‌ها سنجیده شد:

H_0: طبق نظر خبرگان، عامل شماره X ($1 \leq X \leq 23$) از اهمیت زیادی برخوردار است.

H_1: طبق نظر خبرگان، عامل شماره X ($1 \leq X \leq 23$) از اهمیت زیادی برخوردار نیست.

بازه فوق بیانگر شماره عامل مورد نظر می‌باشد. به طور نمونه عدد ۱ یعنی عامل اول و عدد ۲۳ یعنی عامل ۲۳ام. لازم به توضیح است که با توجه به طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت استفاده شده در پرسش نامه برای سنجش میزان اهمیت عوامل مرتبط با توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی، مواردی که امتیاز بالاتر از ۳ یا ۶۰ درصد را به خود اختصاص داده‌اند، با اهمیت تلقی گردیده‌اند. نتایج پاسخ خبرگان به پرسش نامه گویای آن بود که از بین ۲۳ متغیر، ۱۰ متغیر شامل تعهد کارکنان، پرسنل آموزش دیده، مشارکت و تعهد مدیریت ارشد، برنامه‌ریزی بلند مدت مؤثر، وضعیت مالی مطلوب سازمان، کاهش هزینه نگهداری، فرهنگ کار در سازمان، رضایت کارکنان، مشوق‌ها و پاداش‌ها، و تکنیک‌های کنترل و عملیات با اهمیت محسوب می‌شوند.

شناسایی روابط علی میان متغیرها

پس از توزیع و جمع‌آوری پرسش نامه‌ها، درجهٔ اهمیت هر یک از متغیرهای ده‌گانه پژوهش تعیین گردید. در ادامه نتایج حاصل با استفاده از رویکرد نقشهٔ شناختی فازی تجزیه و تحلیل شده و تعامل میان عوامل شناسایی شده تحلیل و بررسی می‌گردد.

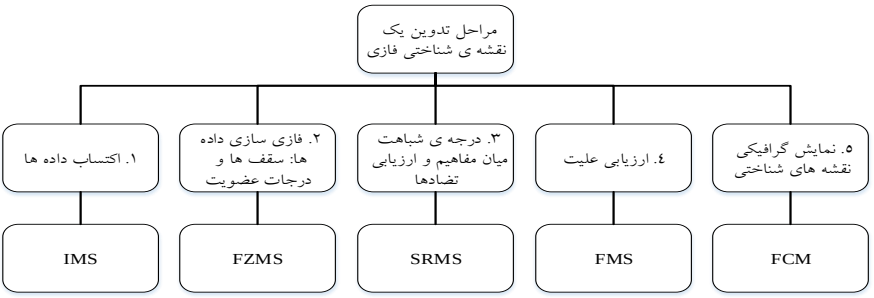
فرآیند ایجاد نقشهٔ شناختی فازی

نقشه شناختی فازی، روش ساده‌ای جهت مدلسازی ریاضی یک سیستم پیچیده می‌باشد (واسلیدز و جنسین[1]، ۲۰۱۶). از نقشه شناختی فازی عمدتاً جهت تجزیه و تحلیل و کمک به فرآیند تصمیم‌گیری با بررسی پیوندهای تصادفی میان مفاهیم مرتبط استفاده می‌گردد (عامر و همکاران[2]، ۲۰۱۶). نقشه‌های شناختی فازی در موردی همچون شبیه‌سازی استراتژی‌های سازمانی، مدلسازی مسائل استراتژیک، تجزیه و تحلیل تصمیم، ایجاد بانک‌های داده، تجزیه و تحلیل شکست و

1. Vasslides & Jensen
2. Amer et al.,

حالت‌های شکست، ویژگی سیستم‌ها، مدیریت روابط، ارتقای سیستم‌های سازمانی، مدیریت کسب و کار، و مدیریت یادگیری کشف دانش در پزشکی و غیره کاربرد دارد (آروان و همکاران[1]، ۲۰۱۶).

روش‌شناسی توسعه یافته توسط رودگوئز رپیسو و همکاران[2] (۲۰۰۷)، از چهار ماتریس به شرح ماتریس اولیهٔ موفقیت[3]، ماتریس فازی شدهٔ موفقیت[4]، ماتریس قدرت روابط موفقیت[5] و ماتریس نهایی موفقیت[6] برای تشکیل نقشه‌های شناختی فازی استفاده می‌کند. براساس تحقیق رودریگوئز رپیسو و همکاران (۲۰۰۷)، در شکل ۲ رویهٔ ایجاد نقشه‌های شناختی فازی نشان داده شده است.



شکل شماره ۲: رویهٔ ایجاد یک نقشهٔ شناختی فازی

وقتی ماتریس قدرت روابط موفقیت تکمیل شد، بخشی از داده‌های مندرج در آن می‌تواند، داده‌های گمراه‌کننده باشد. همه عوامل ارائه شده در ماتریس، مرتبط نیستند و همیشه یک رابطهٔ علی میان آنها وجود ندارد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تبدیل ماتریس قدرت روابط موفقیت به ماتریس نهایی موفقیت به نظر کارشناسی نیاز است. به هنگام تجزیه و تحلیل داده‌ها در ماتریس قدرت روابط موفقیت، دو بردار ممکن است به صورت تصادفی با یکدیگر مرتبط گردند؛ این در حالی است که بردارها می‌توانند به یکدیگر مربوط شده باشند که به لحاظ منطقی، دو شاخص یا مفهوم مربوطه کاملاً غیرمرتبط باشند. این روابط نامتعارف را می‌توان به راحتی به صورت کارشناسی شناسایی کرد (رودریگوئز رپیسو و همکاران،

1. Arvan et al.,
2. Rodriguez-Repiso et al.,
3. Initial Matrix of Success (IMS)
4. Fuzzified Matrix of Success (FZMS)
5. Strength of Relationships Matrix of Success (SRMS)
6. Final Matrix of Success (FMS)

۲۰۰۷). در تحقیق حاضر، از روش گروه کانونی برای بررسی کارشناسی نهایی استفاده شده است. در نمایش نهایی نقشهٔ شناختی فازی، هر فلش عوامل «i» و «j» دارای یک وزن علامت‌دار است. این ارزش گویای قدرت رابطهٔ مستقیم یا معکوس علیت میان هر دو عامل و معادل ارزش مندرج در ماتریس نهایی موفقیت در سلول ارائه شده در ردیف «i» و ستون «j» است (رودریگوئز رپیسو و همکاران، ۲۰۰۷). در ادامه مراحل تدوین یک نقشه شناختی فازی تشریح گردیده است:

ماتریس اولیه موفقیت: ماتریس اولیهٔ موفقیت یک ماتریس [n×m] است که در آن «n» تعداد عوامل کلیدی موفقیت است که به آن‌ها مفاهیم یا متغیرها نیز اطلاق می‌شود و «m» تعداد افراد مصاحبه شده برای کسب داده‌ها است. هر عنصر Oij ماتریس، نمایانگر اهمیتی است که فرد «j» برای مفهوم خاص «i» در مقیاسی قائل است که می‌تواند در پروژه‌های مختلف و حتی برای عوامل مختلف موفقیت در یک پروژه متفاوت باشد زیرا این نتایج در آینده با ارزش‌های بین صفر و یک به یک مجموعهٔ فازی تبدیل خواهند شد. عناصر Oi1, Oi2, …, Oim، عناصر برداری Vi مرتبط با عوامل کلیدی موفقیت متعلق به ردیف «i» ماتریس هستند (رودریگوئز رپیسو و همکاران، ۲۰۰۷).

ماتریس فازی شده موفقیت: بردارهای عددی Vi به مجموعه‌های فازی منتقل می‌شوند که در آن‌ها هر عنصر مجموعهٔ فازی مؤید میزان عضویت عنصر Oi1 بردار Vi با خود بردار Vi است. بردارهای عددی با ارزش‌های بین صفر و یک، به شکل ذیل به مجموعه‌های فازی تبدیل می‌شوند.

ارزش حداکثری در V_i را یافته و $X_i=1$ برای آن در نظر گرفته می‌شود؛ یعنی:

$$Max(O_{iq}) \rightarrow X_i(O_{iq}) = 1 \qquad (۱)$$

ارزش حداقلی در V_i را یافته و $X_i=0$ برای آن در نظر گرفته می‌شود؛ یعنی:

$$Min(O_{iq}) \rightarrow X_i(O_{iq}) = 0 \qquad (۲)$$

نسبت تمامی عناصر دیگر بردار Vi در بازهٔ صفر و یک مشخص می‌شود؛ یعنی

$$X_i(O_{ij}) = \frac{O_{ij} - Min(O_{ip})}{Max(O_{ip}) - Min(O_{ip})} \qquad (۳)$$

که در آن $X_i(O_{ij})$ درجهٔ عضویت عنصر O_{ij} در بردار V_i است.

برآورد مستقیم ارزش‌ها در بازه‌ی صفر و یک می‌تواند باعث تعیین درجات عضویت شود که منعکس کنندهٔ دنیای واقعی نیستند و از طریق استدلال‌های رایج قابل تأیید نمی‌باشند. در این موارد، معرفی یک ارزش سقف بالاتر یا پایین‌تر توسط کارشناس تحلیل‌کننده داده‌ها ضروری است.

بنابراین، اگر V_i بردار عددی عناصر m مرتبط با مفهوم «i» و O_{ij} باشد، با j= 1, 2, …, m، به عنوان عناصر V_i، ارزش‌های سقف بالاتر و پایین‌تر به شرح ذیل هستند:

(٤)

$$\forall_{j=1...m} O_{ij}(O_{ij} \geq \alpha_u) \Rightarrow X_i(O_{ij}) = 1$$

(٥)

$$\forall_{j=1...m} O_{ij}(O_{ij} \leq \alpha_u) \Rightarrow X_i(O_{ij}) = 0$$

عناصر باقیمانده بردار در بازهٔ صفر و یک برآورد می‌شوند (رودریگوئز رپیسو و همکاران (۲۰۰۷).

با دنبال کردن فرآیند بالا، بردارهای عددی به مجموعه‌های فازی تبدیل می‌شوند. علاوه بر این، یک انحراف احتمالی ۲۰٪± بین کارشناسان شرکت‌کننده در مصاحبه در نظر گرفته می‌شود، ارزش آستانه برابر ۸۰ و ۲۰ معرفی شده است. به بیان دیگر، اگر یک متخصص اهمیت یک معیار بیش را از ۸۰ در نظر بگیرد، سپس آن به ۱ در ماتریس ماتریس فازی شدهٔ موفقیت تبدیل می‌شود. به همین ترتیب، اگر زیر ۲۰ باشد، در این ماتریس صفر خواهد شد (آروان، امیدوار و قدسی، ۲۰۱۶).

ماتریس رابطهٔ قدرت موفقیت: ماتریس رابطهٔ قدرت موفقیت، یک ماتریس [n×n] است. ردیف‌ها و ستون‌های مربوط به ماتریس عوامل کلیدی موفقیت هستند و هر عنصر در ماتریس نشانگر رابطهٔ میان عامل «i» و عامل «j» است. همچنین S_{ij} می‌تواند ارزش‌ها را در بازهٔ [۱، ۱−] بپذیرد. هر عامل کلیدی موفقیت به عنوان یک بردار عددی S_i نشان داده می‌شود که حاوی عناصر n برای هر مفهوم نشان داده شده در نقشه است. سه رابطهٔ احتمالی میان دو مفهوم (S_{ij})، «i» و «j» وجود دارند:

۱− $S_{ij}>0$ بیانگر علیت مستقیم (مثبت) میان مفاهیم «i» و «j» است. این یعنی، افزایش ارزش مفهوم «i» باعث افزایش ارزش مفهوم «j» می‌شود.

۲- $S_{ij}<0$ بیانگر علیت معکوس (منفی) میان مفاهیم «i» و «j» است. این یعنی، افزایش ارزش مفهوم «i» باعث کاهش ارزش مفهوم «j» می‌شود.

۳- $S_{ij}=0$ بیانگر این است که هیچ رابطه‌ای میان مفاهیم «i» و «j» نیست. بنابراین در زمان تعیین ارزش‌های S_{ij} باید سه پارامتر مدنظر قرار بگیرند. علامت S_{ij} که نشانگر وجود رابطه میان مفاهیم «i» و «j» است. قدرت S_{ij} که نشان می‌دهد، مفهوم «i» با چه قدرتی بر مفهوم «j» اثر می‌گذارد؛ و مسیر علیت که نشان می‌دهد، مفهوم «i» باعث «j» می‌شود و بالعکس (رودریگوئز رپیسو و همکاران، ۲۰۰۷).

تعیین دوگانگی روابط: بردارهای عددی ماتریس اولیهٔ موفقیت در ماتریس فازی شدهٔ موفقیت به مجموعه‌های فازی تبدیل می‌شوند. با توجه به V_1 و V_2، بردارهای مرتبط با عوامل ۱ و ۲ و $X_1(V_j)$ و $X_2(V_j)$، درجات عضویت j در V_1 و V_2، این بردارها منحصراً دارای رابطه‌ای فزاینده هستند (رابطهٔ مستقیم میان مفاهیم ۱ و ۲ و $S_{ij}>0$). اگر $X_1(V_j)$ مشابه با $X_2(V_j)$ برای تمام یا اکثر عناصر مرتبط با دو بردار باشد؛ و بردارهای V_1 و V_2 منحصراً دارای رابطه‌ای کاهنده میان مفاهیم ۱ و ۲ باشند و اگر $X_1(V_j)$ مشابه با $(1-X_2(V_j))$ برای تمام یا اکثر عناصر مرتبط با دو بردار باشد، آنگاه $S_{ij}<0$ است (رودریگوئز رپیسو و همکاران، ۲۰۰۷).

تعیین قدرت روابط: نزدیکی رابطهٔ میان دو بردار V_1 و V_2 با توجه به محاسبهٔ شباهت میان این دو بردار، مؤید قدرت رابطهٔ میان مفاهیم ۱ و ۲ در ارتباط با این دو بردار است که توسط عنصر S_{12} نشان داده شده که در ماتریس قدرت روابط موفقیت ارائه شده است. نزدیکی رابطهٔ میان دو بردار مبتنی بر فاصله میان دو بردار بر مبنای مفهوم فاصله میان بردارها است (کاسکو، ۱۹۸۵). رویهٔ ریاضی برای محاسبهٔ «شباهت» میان این دو بردار بیانگر رویکردی است که توسط اشنایدر و همکاران گفته شده است (اشنایدر و همکاران[1]، ۱۹۹۸).

برای بردارهایی که به طور مستقیم مرتبط هستند و آنانی که دارای رابطه معکوس هستند، به محاسبهٔ متفاوتی نیاز است. اگر بردارهای V_1 و V_2، دارای ارتباط مستقیم باشند، آنگاه نزدیک‌ترین رابطه میان آن‌ها برای هر $j(j=1,\ldots,m)$، زمانی است که $X_1(V_j)= X_2(V_j)$ باشد.

1. Schneider et al.,

اگر d_j فاصلهٔ میان عناصر j بردارهای V_1 و V_2 به صورت زیر باشد:

$$dj =|X_1(V_j)- X_2(V_j)| \quad (۶)$$

و AD میانگین فاصله میان بردارهای V_1 و V_2 به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$AD = \frac{\sum_{j=1}^{m}|d_j|}{m} \quad (۷)$$

نزدیکی یا شباهت S میان دو بردار بر اساس این معادله نشان داده می‌شود:

$$S=1-AD \quad (۸)$$

$S=1$ بیانگر شباهت کامل و $S=0$، نشانگر حداکثر درجهٔ عدم شباهت است.

اگر بردارهای V_1 و V_2 دارای رابطهٔ معکوس باشند، آنگاه روش محاسبه شباهت میان آن‌ها مشابه با مورد قبل است، با این استثناء که در این مورد، معادلهٔ محاسبهٔ فاصلهٔ میان عناصر مربوطه دارای یک رابطهٔ معکوس با بردارهای V_1 و V_2 است.

$$dj =|X_1(V_j)- (1-X_2(V_j))| \quad (۹)$$

معادلات باقیمانده برای محاسبهٔ فاصله میانگین میان دو بردار (AD) (معادلهٔ ۷) و شباهت آن‌ها (S) (معادلهٔ ۸) مشابه هستند.

در این مورد $S=1$ بیانگر شباهت معکوس کامل و $S=0$ بیانگر عدم شباهت معکوس کامل میان دو بردار است.

البته در زمان مطالعهٔ روابط میان بردارهای عددی ارائه شده که به عنوان مجموعه‌های فازی نمایان می‌شوند نه شباهت کامل قابل انتظار است و نه عدم شباهت کامل. احتمالاً آن‌ها نمایانگر رابطهٔ میان دو بردار براساس شباهت تا درجهٔ خاصی هستند.

برای هر جفت بردار V_1 و V_2، روش پیشنهادی، شباهت میان دو بردار را دو بار محاسبه می‌کند که یکی بر مبنای رابطه مستقیم و دیگری بر مبنای رابطهٔ معکوس است. درجه بالاتر شباهت، بیانگر دوگانگی رابطه میان عوامل کلیدی موفقیت «i» و عوامل کلیدی «j» مثبت (مستقیم) یا منفی (معکوس) و قدرت آن رابطه در تعریف ارزش $\pm S_{ij}$ معرفی شده در ماتریس قدرت روابط موفقیت است (رودریگوئز رپیسو و همکاران، ۲۰۰۷).

شاخص نهایی موفقیت: وقتی ماتریس قدرت روابط موفقیت تکمیل شد، بخشی از داده‌های مندرج در آن می‌تواند داده‌های گمراه‌کننده باشد. همه عوامل کلیدی موفقیت ارائه شده در ماتریس مرتبط نیستند و همیشه یک رابطهٔ علی میان آن‌ها وجود ندارد. برای تجزیه

و تحلیل داده‌ها و تبدیل ماتریس قدرت روابط موفقیت به ماتریس نهایی موفقیت به یک نظر کارشناسی نیاز است که تنها شامل آن دسته از عناصر فازی عددی است که نمایانگر روابط علی میان عوامل کلیدی موفقیت هستند. به هنگام تجزیه و تحلیل داده‌ها در ماتریس قدرت روابط موفقیت، دو بردار را می‌توان به صورت متلاقی با یکدیگر مرتبط دانست. بردارها می‌توانند نمایانگر روابط نزدیک ریاضی باشند و در عین حال به لحاظ منطقی، دو شاخص/ مفهوم را می‌توان به طور کامل غیرمرتبط به یکدیگر دانست. این روابط نامتعارف را می‌توان به راحتی به صورت کارشناسی شناسایی کرد (رودریگوئز رپیسو و همکاران، ۲۰۰۷).

نمایش گرافیکی نقشهٔ شناختی فازی: نمایش گرافیکی ماتریس نهایی موفقیت به صورت نقشهٔ شناختی فازی، یک نقشهٔ شناختی فازی هدفمند را برای ترسیم عوامل کلیدی موفقیت ترسیم می‌کند. در نمایش نهایی، هر فلش عوامل «i» و «j» دارای یک وزن علامت‌دار است. این ارزش نشان‌دهنده‌ی قدرت رابطهٔ مستقیم یا معکوس علیت میان هر دو عامل و ارزش مندرج در ماتریس نهایی موفقیت در سلول ارائه شده در ردیف «i» و ستون «j» است (رودریگوئز رپیسو و همکاران، ۲۰۰۷).

محاسبات ایجاد نقشهٔ شناختی فازی

براساس فرآیند ایجاد نقشهٔ شناختی فازی، گام‌های زیر انجام پذیرفتند:

در ابتدا براساس امتیازاتی که ده خبرهٔ مشارکت‌کننده به ۱۰ سؤال داده بودند، ماتریس اولیه مطابق با جدول ۵ تشکیل گردید.

جدول شماره ۵: ماتریس اولیه

نام (شرح)	کارشناس / عامل	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}
تعهد کارکنان	C_1	۸۰	۹۰	۹۰	۸۰	۸۰	۸۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰
پرسنل آموزش دیده	C_2	۷۰	۶۰	۷۵	۷۰	۶۵	۵۵	۵۰	۶۰	۷۰	۷۰
مشارکت و تعهد مدیریت ارشد	C_3	۷۰	۶۶	۵۴	۶۸	۸۳	۶۴	۸۹	۶۳	۷۲	۸۱
برنامه‌ریزی بلند مدت مؤثر	C_4	۸۳	۷۹	۸۰	۹۰	۵۶	۸۴	۷۳	۶۴	۸۲	۶۳
وضعیت مالی مطلوب سازمان	C_5	۸۰	۸۵	۹۰	۶۸	۷۹	۸۰	۹۰	۷۵	۸۶	۹۰
کاهش هزینه نگهداری	C_6	۶۰	۵۸	۷۰	۵۶	۸۰	۶۸	۸۰	۷۴	۶۸	۸۰
فرهنگ کار در سازمان	C_7	۸۶	۹۰	۸۷	۹۰	۹۰	۸۸	۷۳	۹۰	۸۰	۸۹
رضایت کارکنان	C_8	۸۰	۶۵	۸۶	۸۷	۹۰	۸۷	۸۰	۸۰	۷۸	۹۰
مشوق‌ها و پاداش‌ها	C_9	۹۰	۸۰	۸۰	۹۰	۷۵	۸۶	۸۷	۸۰	۹۰	۸۵
تکنیک‌های عملیاتی و کنترل	C_{10}	۷۷	۷۸	۸۶	۹۰	۷۳	۶۷	۸۲	۹۰	۷۹	۸۶

سطرهای ماتریس جدول فوق به ترتیب شامل ده عامل مؤثر بر به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی به شرح: تعهد کارکنان، پرسنل آموزش دیده، مشارکت و تعهد مدیریت ارشد، برنامه‌ریزی بلندمدت مؤثر، وضعیت مالی مطلوب سازمان، کاهش هزینه نگهداری، فرهنگ کار در سازمان، رضایت کارکنان، مشوق‌ها و پاداش‌ها، و تکنیک‌های عملیاتی و کنترل، و ستون‌های ماتریس شامل پاسخ هر یک از ده خبره مورد نظر در خصوص امتیاز هر یک از این عوامل است.

در ادامه ماتریس فازی شده عوامل به دست می‌آید که جدول ۶ ماتریس فازی شده عوامل را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال برای محاسبه $X_1(O_{11})$ به شرح ذیل عمل می‌شود:

$$X_1(O_{11}) = (80\text{-}20)/(80\text{-}20)=1.000$$

جدول شماره ٦: ماتریس فازی شدهٔ عوامل

نام (شرح)	کارشناس عامل	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}
تعهد کارکنان	C_1	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
پرسنل آموزش دیده	C_2	۰/۸۳۳	۰/٦٦۷	۰/۹۱۷	۰/۸۳۳	۰/۷۵۰	۰/۵۸۳	۰/۵۰۰	۰/٦٦۷	۰/۸۳۳	۰/۸۳۳
مشارکت وتعهد مدیریت ارشد	C_3	۰/۸۳۳	۰/۷٦۷	۰/۵٦۷	۰/۸۰۰	۱/۰۰۰	۰/۷۳۳	۱/۰۰۰	۰/۷۱۷	۰/۸٦۷	۱/۰۰۰
برنامه‌ریزی بلندمدت مؤثر	C_4	۱/۰۰۰	۰/۹۸۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/٦۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۸۳	۰/۷۳۳	۱/۰۰۰	۰/۷۱۷
وضعیت مالی مطلوب‌سازمان	C_5	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۰۰	۰/۹۸۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۱۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
کاهش هزینه نگهداری	C_6	۰/٦٦۷	۰/٦۳۳	۰/۸۳۳	۰/٦۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۰۰	۰/۸۰۰	۱/۰۰۰
فرهنگ کار در سازمان	C_7	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۸۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
رضایت کارکنان	C_8	۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹٦۷	۱/۰۰۰
مشوق‌ها و پاداش‌ها	C_9	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۱۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
تکنیک‌های عملیاتی وکنترل	C_{10}	۰/۹۵۰	۰/۹٦۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۸۳	۰/۷۸۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۸۳	۱/۰۰۰

در مرحله بعد ماتریس قدرت روابط را می‌بایست محاسبه گردد. جدول ۷ ماتریس قدرت روابط را نشان می‌دهد. در این ماتریس ارتباط هر یک از عوامل ده‌گانه را با یکدیگر نشان داده است.

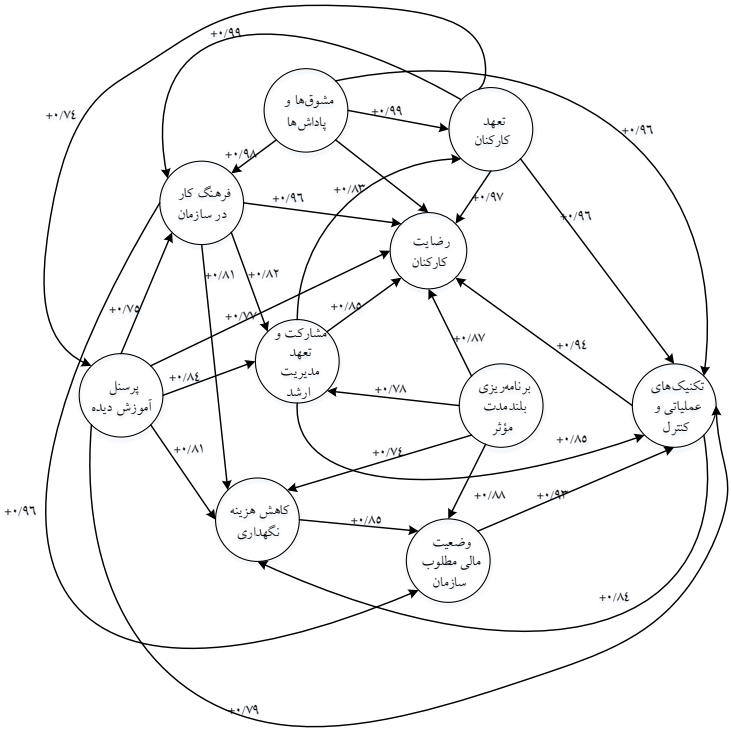
جدول شماره ۷: ماتریس قدرت روابط

عامل	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1		۰/۷۴	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۹۷	۰/۸۲	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۶
C_2	۰/۷۴		۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۹
C_3	۰/۸۳	۰/۸۴		۰/۷۸	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۵
C_4	۰/۸۹	۰/۸۰	۰/۷۸		۰/۸۸	۰/۷۴	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۹۰	۰/۸۸
C_5	۰/۹۷	۰/۷۷	۰/۸۶	۰/۸۸		۰/۸۵	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۳
C_6	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۷۴	۰/۸۵		۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۴
C_7	۰/۹۹	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۹۰	۰/۹۶	۰/۸۱		۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۴
C_8	۰/۹۷	۰/۷۷	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۸۵	۰/۹۶		۰/۹۶	۰/۹۴
C_9	۰/۹۹	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۹۰	۰/۹۷	۰/۸۲	۰/۹۸	۰/۹۶		۰/۹۶
C_{10}	۰/۹۶	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۶	

برای ایجاد ماتریس پایانی اقدام به تشکیل گروه کانونی با ۱۰ کارشناس خبره در صنعت خودروسازی گردید. براساس نظر آنان ارتباطات بی‌معنا میان عوامل پژوهش حذف و جهت علّی روابط نیز تعیین گردید. نتایج آن در جدول ۸ و نمودار نقشهٔ شناختی فازی در شکل ۳ نشان داده شده است:

جدول شماره ۸: ماتریس نهایی

عامل	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1		۰/۷۴					۰/۹۹	۰/۹۷		۰/۹۶
C_2			۰/۸۴			۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۷		۰/۷۹
C_3	۰/۸۳							۰/۸۵		۰/۸۵
C_4			۰/۷۸		۰/۸۸	۰/۷۴		۰/۸۷		
C_5										۰/۹۳
C_6					۰/۸۵					
C_7			۰/۸۲		۰/۹۶	۰/۸۱		۰/۹۶		
C_8										
C_9	۰/۹۹				۰/۹۷		۰/۹۸	۰/۹۶		۰/۹۶
C_{10}						۰/۸۴		۰/۹۴		



شکل شماره ۳: نقشهٔ شناختی فازی جهت به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع خودروسازی

بحث و نتیجه‌گیری

اجرای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی، فرآیندی بسیار پیچیده می‌باشد و بایستی با عوامل بسیار مهمی که قبل از به کارگیری فرآیند، جهت رسیدن به تمام مزایا نیاز است، در نظر گرفته شود. همچنین سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی یک سیستم با هدف عالی است که نیازمند سرمایه‌گذاری بالا، برنامه‌ریزی دقیق در تمام سطوح سازمان و از آن مهم‌تر مدیریت عالی مؤثر و متعهد می‌باشد. در پژوهش حاضر، ارتباط بین عوامل مرتبط با توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع خودروسازی با استفاده از نقشه

شناختی فازی تحلیل و مورد بررسی قرار گرفت. مرور ادبیات پژوهش، بهره‌گیری از نظر خبرگان و کارشناسان، و نتایج تحلیل آماری نشان داد که اصلی‌ترین عوامل مرتبط با توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع خودروسازی شامل: تعهد کارکنان، پرسنل آموزش دیده، مشارکت و تعهد مدیریت ارشد، برنامه‌ریزی بلندمدت مؤثر، وضعیت مالی مطلوب سازمان، کاهش هزینه نگهداری، فرهنگ کار در سازمان، رضایت کارکنان، مشوق‌ها و پاداش‌ها، و تکنیک‌های عملیاتی و کنترل می‌باشند. این یافته با یافته‌های پراکاش و همکاران (۲۰۱۸)، طلایی و همکاران (۱۳۹۶)، ناگار و راج (۲۰۱۳)، ناگار و راج (۲۰۱۲)، راج و همکاران (۲۰۱۰)، راج و همکاران (۲۰۰۸)، راج همکاران (۲۰۰۷)، بایازیت (۲۰۰۵)، چان و چان (۲۰۰۴)، نارین و همکاران (۲۰۰۴) همراستا می‌باشد. ناگار و راج (۲۰۱۲) نتیجه گرفتند چنانچه مدیران می‌خواهند به حداکثر مزایا در تولید با توسعه‌ی تکنیک‌های جدید دست یابند، می‌بایست به عنصر انسانی توجه بیشتری نمایند. مدیران زمانی امکان توانمندسازی کارکنان خود را خواهند داشت که فرصت‌های آموزشی لازم را فراهم آورده و شرایط لازم را برای افزایش انگیزه انجام وظایف محوله، از طریق تقویت احساس خودکارآمدی شخصی و افزایش اعتماد به نفس کارکنان ایجاد نمایند. به عقیده آنان پرسنل آموزش دیده و در دسترس، تحصیل کرده، ماهر، کارکنان با انگیزه و مدیریت عوامل اصلی در تسهیل پذیرش سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع می‌باشند. بایازیت (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که تعهد مدیریت، مشارکت افراد، تغییرات تکنولوژی و نیازمندی‌های سازمان، موضوعات حیاتی در راستای به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر می‌باشند. نتایج مطالۀ ناگار و راج (۲۰۱۳) توانمندسازها سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی را به پنج دسته کلی طبقه‌بندی کردند که شامل توانمندسازهای انسانی، راهبردی، مالی، سازمانی و فنی می‌باشند. آنان برای هر کدام زیرمعیارهایی را در نظر گرفتند.

با استفاده از روش‌شناسی نقشه‌های شناختی فازی، چگونگی ارتباط میان این عوامل مطابق با شکل ۳ تبیین گردید. براساس مدل حاصله می‌توان به درک جامعی از چگونگی برهم کنش مرتبط با توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی دست یافت؛ بگونه‌ای که همه ارتباطات بدست آمده هم جهت بوده‌اند. این موضوع بیانگر قدرت و توانایی این عوامل در جهت به کارگیری سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در صنایع خودروسازی می‌باشد. در دو دهه گذشته، شماری از محققان به انتخاب و پذیرش سیستم ساخت انعطاف‌پذیر اشاره کرده‌اند. با این وجود، در کشورایران تا کنون به نقش و اهمیت جایگاه

عامل انسانی سیستم ساخت انعطاف‌پذیر در صنایع خودرو توجه چندانی نشده است. لذا پژوهش حاضر اولین مطالۀای می‌باشد که به تحلیل ارتباط میان توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی بر مبنای تکنیک نقشه شناختی فازی (بویژه در صنعت خودروسازی) پرداخته است. به مدیران صنایع خودروسازی پیشنهاد می‌گردد با توجه به نقش و اهمیت جایگاه عامل انسانی در سیستم ساخت انعطاف‌پذیر، یک نقشه راه جهت جلوگیری از هدررفت منابع بویژه منابع انسانی تدوین گردیده تا بتوان در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک جهت بروز نمودن اهداف وچشم انداز شرکت از آن بهره گرفت. در راستای مطالۀ انجام شده برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد تجزیه و تحلیل توانمندسازهای سیستم ساخت انعطاف‌پذیر انسانی در سایر صنایع بکار گرفته شود. همچنین پژوهشی در شرایط فازی انجام گرفته و نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر مقایسه و تحلیل گردد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

References

Amer, M., Tugrul, U. D., & Jetter, A. (2016). Technology Roadmap through Fuzzy Cognitive Mapbased Scenarios: The Case of Wind Energy Sector of a Developing Country. Technology Analysis & Strategic Management, 28(2), 131-155.

Arvan, M., Omidvar, A., & Ghodsi, R. (2016). Intellectual Capital Evaluation Using Fuzzy Cognitive maps: A Scenario-Based Development Planning. Expert Systems with Applications,55,21-36.

Bayazit, O. (2005). Use of AHP in Decision-Making for Flexible Manufacturing Systems. Journal of Manufacturing Technology Management, 16(7), 808-819.

Belassi, W., & Fadlalla, A. (1998). An Integrative Framework for FMS Diffusion.International Journal of Management Science,26(6),699-713.

Esmaelian, M., & Molavi, B. (2014). Prioritization and Selection Agility Capability Using Fuzzy TOPSIS and Fuzzy DEA Approach. Production and Operations Management, 5(2), 160-145, (In Persian).

Kosko, B. (1985). Adaptive Inference, Monograph, Verac Inc. Technical Report.

Kosko,B.(1992). Neural Networks and Fuzzy Systems. NY:Prentice-Hall.

Maniya, K., & Bhatt, M. (2011). The Selection of Flexible Manufacturing System Using Preference Selection Index Method. International Journal of Industrial and Systems Engineering, 9(3), 330-349.

Nagar, B., & Raj, T. (2012). An AHP-Based Approach for the Selection of HFMS: An Indian Perspective. International Journal of Operational Research, 13(3), 338-358.

Nagar, B., & Raj, T. (2012). Analysis of Critical Success Factors for Implementation of Humanized Flexible Manufacturing System in

Industries. International Journal of Logistics Economics and Globalization, 4(4), 309-329.

Nagar, B., & Raj, T. (2013). Digraph and Matrix Evaluation for Shifting to Humanized Flexible Manufacturing System. International Journal of Logistics Economics and Globalization, 5(2), 149-165.

Prakash, R., Singhal, S., & Agrawal, A. (2018). An Integrated Fuzzy-Based Multi-Criteria Decision Making Approach for Selection of Effective Manufacturing System: A Case Study of an Indian Manufacturing Company. Benchmarking: An International Journal, 25(1), 280-296.

Raj, T., Shankar, R., & Suhaib, M. (2007). A Review of Some Issues and Identification of Some Barriers in the Implementation of FMS. The International Journal of Flexible Manufacturing Systems,19(1),1-40.

Raj, T., Shankar, R., & Suhaib, M. (2008). An ISM Approach for Modeling the Enablers of Flexible Manufacturing System: The Case for India. International Journal of Production Research, 46(24), 6883-6912.

Raj, T., Shankar, R., & Suhaib, M. (2010). GTA-Based Framework for Evaluating the Feasibility of Transition to FMS. Journal of Manufacturing Technology Management, 21(2), 160-187.

Raj, T., Shankar, R., Suhaib, M., & Khan, R. (2010). A Graph-Theoretic Approach to Evaluate the Intensity of Barriers in the Implementation of FMSs. International Journal of Services and Operations Management, 7(1), 24-52.

Raj, T., Shankar, R., Suhaib, M., Garg, S., & Singh, Y. (2008). An AHP Approach for Selection of Advanced Manufacturing System: A Case Study.International Journal of Manufacturing Research,3(4),471-498.

Rao, K., & Deshmukh, S. (1994). Strategic Framework for Implementing Flexible Manufacturing Systems in India. International Journal of Operations and Production Management, 14(4), 50-63.

Rodriguez-Repiso, L., Setchi, R., & Salmeron, J. (2007). Modelling IT Projects Success with Fuzzy Cognitive Maps. Expert Systems with Applications, 32, 543-559.

Safdary Ranjbar, M., Mansour, S., & Azami, A. (2015). Prioritizing and Analyzing the Interaction among Factors Effective on the Success of New Product Development projects by ISM and DEMATEL. Production and Operations Management, 6(1), 149-170, (In Persian).

Schneider, M., Shnaider, E., Kandel, A., & Chew, G. (1998), Automatic Construction of FCMs. Fuzzy Sets and Systems, 93, 161-172.

Talaie, H. R., Alem Tabriz, A., & Farsijani, H. (2017). Analysis the Enablers of Flexible Manufacturing System, Using Interpretive Structural Modelling and Interpretive Ranking Process. Industrial Management Studies, 15(44), 1-26, (In Persian).

Tao, F., Cheng, Y., Zhang, L., & Nee, A.Y.(2017). Advanced Manufacturing Systems: Socialization Characteristics and Trends. Journal of Intelligent Manufacturing, 28(5), 1079-1094.

Vasslides, J., & Jensen, O. (2016). Fuzzy Cognitive Mapping in Support of Integrated Ecosystem Assessments: Developing a Shared Conceptual Model among Stakeholders. Journal of Environmental Management, 166, 348-356.