

Paper Type: Original-Application Paper

Hierarchical Fuzzy Inference System for Staff Performance Evaluation: Case Study

Vahid Yadollahnejad Kelmi¹, Jafar Gheidar-Kheljani^{1,*} , Karim Atashgar¹

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Management and Industries, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran; V.yadollahnejad@gmail.com, kheljani@aut.ac.ir; mhkarimig@yahoo.com.

Citation:



Yadollahnejad Kelmi, V., Gheidar-Kheljani, J., & Atashgar, K. (2023). Hierarchical fuzzy inference system for staff performance evaluation: case study. *Modern Research in performance evaluation*, 2(2), 114-133.

Received: 10/05/2023

Reviewed: 02/06/2023

Revised: 01/07/2023

Accepted: 09/08/2023

Abstract

Purpose: Evaluating the performance of employees is one of the most critical requirements for senior managers in organizations. One of the challenges in this regard is the assessment of the performance of staff personnel. Due to the nature of their activities, defining quantitative indicators alone cannot provide an acceptable evaluation. Therefore, this research focuses on presenting an applied fuzzy model for the evaluation of staff personnel.

Methodology: This study involves developing a hierarchical fuzzy performance evaluation system composed of both qualitative and quantitative indicators simultaneously. The indicators consist of 7 quantitative and 5 qualitative ones, identified and fuzzified with the input of 11 senior managers of the organization. Considering all indicators simultaneously in a system would require a very large number of fuzzy rules. Therefore, a step-by-step model with continuous and hierarchical fuzzy systems is used in this article, significantly reducing the number of rules. Finally, the developed model is implemented in Simulink, a Matlab tool, using the Mamdani method.

Findings: The results of the evaluation of the developed model closely matched expectations with good accuracy, providing a suitable basis for employee assessments. The advantages of this model include its relatively good accuracy compared to traditional models, higher employee satisfaction, and reducing subjective assessments resulting from bias, relationships, etc. It also enables faster and simpler evaluations for supervisors and managers.

Originality/Value: The presented model is a practical approach that has been implemented in a real organization. It offers the possibility for other organizations to conduct employee evaluations by adjusting some indicators according to their activities, thereby adding value to the scientific field.

Keywords: Fuzzy, Fuzzy inference system, Fuzzy hierarchy, Performance evaluation, Staff performance evaluation, Service-oriented organizations, Headquarters staff.



Corresponding Author: kheljani@aut.ac.ir



<https://doi.org/10.22105/mrpe.2023.184802>



Licensee. **Modern Research in Performance Evaluation**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



نوع مقاله: پژوهشی-کاربردی



سیستم استنتاج فازی سلسله‌مراتبی ارزیابی عملکرد کارکنان ستادی: مطالعه موردی

وحید یداله نژاد کلمی^۱، جعفر قیدرخلجانی^۲، کریم آتشگر^۲

^۱گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

^۲گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

چکیده

هدف: ارزیابی عملکرد کارکنان یکی از مهم‌ترین نیازمندی‌های مدیران ارشد سازمان‌ها است. در این راستا یکی از چالش‌ها، ارزیابی عملکرد کارکنان ستادی است، که به دلیل ماهیت فعالیت آن‌ها، تعریف شاخص‌های کمی به تنهایی نمی‌تواند ارزیابی قابل قبولی را ارائه دهد. لذا در این پژوهش به ارائه یک مدل فازی کاربردی جهت ارزیابی کارکنان ستادی پرداخته شده است. روش‌شناسی پژوهش: این پژوهش به توسعه یک سیستم ارزیابی عملکرد فازی سلسله‌مراتبی، متشکل از شاخص‌های کیفی و کمی به صورت همزمان پرداخته است. شاخص‌ها متشکل از ۷ شاخص کمی و ۵ شاخص کیفی است که با نظر ۱۱ مدیر ارشد سازمان شناسایی و فازی‌سازی شده است. در نظر گرفتن همزمان تمامی شاخص‌ها در یک سیستم نیازمند تعداد قواعد فازی بسیار زیادی خواهد بود، لذا در این مقاله از یک مدل قدم به قدم با سیستم‌های فازی بهم پیوسته و سلسله‌مراتبی استفاده شده، که تعداد قواعد را به طور محسوسی کاهش داده است. در نهایت مدل توسعه داده شده در ابزار *Simulink* نرم افزار متلب و با روش ممدانی اجرایی شده است. یافته‌ها: نتایج ارزیابی مدل توسعه داده شده با دقت خوبی به انتظارات نزدیک بوده و می‌تواند مبنای مناسبی برای ارزیابی کارکنان قرار گیرد. از مزایای این مدل دقت نسبتاً خوب آن نسبت به مدل‌های سنتی و رضایت‌مندی بیش‌تر کارکنان است، و موجب می‌گردد ارزیابی‌های سلیقه‌ای حاصل از پیش‌داوری، روابط و ... را تا حدود زیادی حذف شود، همچنین ارزیابی را برای سرپرستان و مدیران ساده و سریع‌تر خواهد نمود.

اصالت/ارزش افزوده علمی: مدل ارائه شده یک رویکرد کاربردی است که به صورت عملی در یک سازمان واقعی اجرایی شده است و این امکان برای سایر سازمان‌ها نیز وجود دارد که با تغییر برخی شاخص‌ها متناسب با فعالیت آن سازمان به ارزیابی کارکنان خود بپردازند.

کلیدواژه‌ها: فازی^۱، سیستم استنتاج فازی^۲، فازی سلسله‌مراتبی^۳، ارزیابی عملکرد^۴، ارزیابی عملکرد کارکنان ستادی^۵، سازمان‌های خدمات محور^۶، کارکنان ستادی.

۱- مقدمه

یکی از موضوعات با اهمیت در شرکت‌ها کنترل موثر بر عملکرد کارکنان ستادی است. ماهیت فعالیت کارکنان ستادی عمدتاً به‌گونه‌ای است که شاخص‌های کمی کافی برای ارزیابی عملکرد آن‌ها وجود ندارد و ارزیابی صرفاً با شاخص‌های کمی خطای قابل توجهی را به

¹ Fuzzy

² Fuzzy inference system

³ hierarchical fuzzy systems

⁴ Performance evaluation

⁵ Developer performance evaluation

⁶ Software company

همراه دارد و بعضاً باعث انحراف ارزیابی با عملکرد واقعی کارمند خواهد شد و همچنین ایجاد بستر ارزیابی نامناسب می‌تواند تمرکز کامل کارکنان را بر تحقق شاخص‌های نامناسب سوق دهد و موجب کاهش کیفیت اثربخشی و انحراف از مسیر توسعه و هدف سازمان گردد [1].



در طول سال‌های اخیر، اقدامات، ابزارها و روش‌های زیادی جهت کمک به سازمان‌ها و کسب مزیت رقابتی نسبت به رقبای، مورد استفاده قرار گرفته است. مدیریت عملکرد از اثربخش‌ترین این ابزارها می‌باشد. در واقع مدیریت عملکرد اقدام دائمی است و به سازمان کمک می‌کند تا برای کسب‌وکار خود ایجاد ارزش کند [2].

ارزیابی عملکرد که منجر به آموزش مستمر می‌شود، سطح بالایی از یادگیری را تضمین می‌کند و موجب انگیزش نیروی کار خواهد شد. این امر چکیده یک مدیریت عملکرد کارآمد است [3]. نتایج تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که درک کارکنان از کارآمدی ارزیابی عملکرد با عملکرد و تعهد سازمانی آن‌ها رابطه مثبت و معناداری و رابطه منفی و معناداری با تصمیم‌گیری شغل کارکنان دارد؛ بنابراین، توصیه می‌شود که سازمان ارزیابی عملکرد را به بهترین شکل ممکن اجرا کند [4]، [5].

خروج کارکنان کلیدی یک شرکت می‌تواند آسیب جدی را به دلیل وابستگی سازمان به دانش و تکنیک‌های تجربی آن‌ها ایجاد نماید؛ بنابراین، توجه به عوامل ایجادکننده انگیزه بایستی مورد توجه باشد. یکی از این عوامل وجود مدلی است که با دقت خوبی توانایی و عملکرد کارکنان را رتبه‌بندی و ارزیابی نماید تا به کمک آن تفیض وظایف صورت پذیرد. به‌طور کلی عدم امکان ارزیابی عینی هدف، غالباً ارزیابان را به ارزیابانی ذهنی هدایت می‌کند که منجر به عدم اعتماد به اعتبار نتایج خواهد شد. این موضوع برای کارکنان ستادی که خروجی ملموس و قابل اندازه‌گیری ندارند با قدرت بیشتری مشهود است.

این مقاله یک سیستم فازی سلسله‌مراتبی را برای ارزیابی کارکنان ستادی ارائه می‌کند و در آن شاخص‌های کیفی که در ارزیابی عملکرد کارکنان موثر است را نیز به‌طور هم‌زمان با شاخص‌های کمی لحاظ نموده است. به‌طور کلی این مقاله دارای هفت قسمت است، که در قسمت اول مقدمه‌ای از موضوع اشاره شده است، در قسمت دوم کلیات و پیشینه تحقیقات انجام شده در این حوزه استخراج شده است، در قسمت سوم تعریف مسأله مورد رسیدگی، و در قسمت چهارم روش پژوهش شرح داده شده است، در قسمت پنجم به تفصیل سیستم فازی سلسله‌مراتبی توسعه داده شده شرح داده شده است. در قسمت ششم جهت اطمینان از عملکرد مدل یک مثال واقعی مورد بررسی قرار گرفته است، و نهایتاً در قسمت هفتم به جمع‌بندی و ارائه پیشنهادات آتی برای تحقیق پرداخته شده است.

۲- پیشینه پژوهش

سرمایه انسانی همواره یکی از مهم‌ترین نیازمندی سازمان‌ها است که عملکرد آن ارتباط قوی با پیشرفت یا بقای سازمان دارد. لذا یکی از موضوعات با اهمیت در تمامی شرکت‌های پیشرفته رتبه‌بندی و شناسایی دقیق توانمندی کارکنان جهت توسعه سازمان و نگهداشت پرسنل است. امروزه با پیشرفت علم و فناوری، پیشرفت جامعه و رقابت شدید بین کسب‌وکارها، رقابت بازار به تدریج به رقابت استعدادها تبدیل شده است و وجود کارکنان با استعداد در هر کسب‌وکار یک مزیت رقابتی برای آن محسوب می‌گردد [6]. لذا لازمه وجود مدلی کارآمد در ارزیابی عملکرد کارکنان ستادی بسیار مورد توجه است.

آربای و سورادی [7] به بررسی سیستم ارزیابی عملکرد با استفاده از رویکرد منطق فازی پرداختند. ایشان از رویکرد استنتاج فازی سلسله‌مراتبی جهت رتبه‌بندی عملکرد کارکنان استفاده نمودند و هدف اصلی آن‌ها از این پژوهش آن بوده که با استفاده از استدلال مبتنی بر مدل‌های فازی، راهی جایگزین برای مدیریت انواع مختلف داده‌های نادرست، که اغلب در نحوه تفکر و قضاوت افراد منعکس می‌شود، ارائه دهند. مقاله پیش‌رو نیز در این راستا به ارائه مدل اجرایی با منطق فازی برای ارزیابی کارکنان ستادی پرداخته است.

گلک و کاهیا [8] یک مدل فازی برای ارزیابی و انتخاب کارکنان مبتنی بر شایستگی ارائه نمودند. ایشان یک ساختار سلسله‌مراتبی جامع برای انتخاب و ارزیابی یک کارمند ارائه داده‌اند. این ساختار می‌تواند به‌طور سیستماتیک اهداف کارکنان را برای اجرای اهداف و استراتژی‌های تجاری یک سازمان و همچنین فاکتورها و معیارهای اندازه‌گیری مناسب مشخص نماید تا فرایند تصمیم‌گیری تسهیل یابد. در واقع با این مدل فرایند تخصیص کارمند به یک شغل خاص از طریق یک مدل فازی مبتنی بر شایستگی انجام می‌شود.



زولفیکر و همکاران [9] نیز به ارایه مدلی فازی جهت طبقه‌بندی کارکنان پرداختند که می‌تواند موضوع ذهنیت را در سیستم ارتقای کارکنان به حداقل برساند. نتیجه این مدل طبقه‌بندی از کارکنان براساس واجد شرایط بودن برای ترفیع، گزارش می‌کند. در این مدل درجه عضویت با استفاده از مدل فازی ممدانی براساس عوامل تعیین‌کننده عملکرد کارکنان تعیین شده است.

فعالیت‌های ارزیابی مانند رتبه‌بندی و نظرسنجی نقش مهمی در تصمیم‌گیری سازمان ایفا می‌کنند. یونو لو [10] به‌منظور افزایش دقت نتایج ارزیابی و کارایی فرآیند ارزیابی، یک سیستم ارزیابی کیفی فازی توزیع‌شده^۱ را برای استفاده در سناریوهای ارزیابی توزیع‌شده پیچیده ارایه می‌کند. *DFQES* می‌تواند یک چارچوب عمومی برای طراحی و اجرای برنامه‌های ارزیابی کیفی سازمانی مانند ارزیابی رضایت مشتری، نظرسنجی رضایت کارکنان، نظرسنجی فروشنده و ارزیابی ریسک باشد.

ارزیابی عملکرد اساتید یک عنصر مهم در ارتقای تعالی کار و تقویت انگیزه آن‌ها است. همچنین زمینه‌ای برای ارتقای یک سازمان آموزشی ارایه می‌دهد. علاوه بر این، هیئت علمی با ارزش‌ترین و فعال‌ترین دارایی یک سازمان آموزشی است. در این راستا واسانتی [11] مطالعه موردی از یک سیستم ارزیابی عملکرد را ارایه نموده است. این روش شامل مجموعه‌ای از ارزیابی‌های فازی سرپرستان و مسئولین است، سپس ارزیابی‌های زبانی را به اعداد فازی تبدیل می‌کند و امتیاز ارزیابی عملکرد دانشکده را محاسبه می‌کند. این مطالعه موردی استفاده از سیستم ارزیابی عملکرد فازی را در سازمان‌های آموزشی معتبر ترویج می‌کند.

گوس و همکاران [12] پیشنهادی برای توسعه یک سیستم منطق فازی طراحی شده برای ارزیابی عملکرد منابع انسانی ارایه می‌دهد. متغیرهای ورودی، توابع عضویت و قوانین پایه در این مقاله با تجزیه و تحلیل سیستم‌های مشابه توسعه یافته‌اند. در این راستا دو مدل فازی مختلف توسعه و بر داده‌های جمع‌آوری شده اعمال شد و نتایج آن‌ها با یک مدل درخت تصمیم مقایسه شده است.

بکایی و همکاران [13] به دلیل اهمیت واحدهای آتی در سازمان‌ها و آینده پر ریسک آن‌ها، به ارایه رویکردی براساس فرایند تحلیل سلسله‌مراتب *FAHP* و روش امتیازات متوازن *BSC* برای ارزشیابی واحد *IT* در یک شرکت مورد مطالعه پرداختند. ایشان یک «فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی» رویکرد سیستم اطلاعاتی "*FAHP*" برای تسهیل فرایند حل مساله ایجاد نمودند.

وستلوند و هنون [14] یکی از چالش‌های مهم سازمان‌ها در دهه‌های اخیر را ماندگاری کارکنان اشاره نموده است و میزان اثرگذاری ۹ جنبه از رضایت شغلی (ارتقاء شغلی، پاداش، نظارت، جبران خدمات، شرایط کاری، همکاران، مزایا، ارتباط و ماهیت شغل) را بر میزان خروج کارکنان مورد بررسی قرار داده‌اند و دریافتند که رضایت از ماهیت شغل اثرگذارترین فاکتور در خروج کارکنان می‌باشد.

سنگ و همکاران [15] در پژوهش خود به بررسی مدل ارزیابی کیفیت کارکنان شرکت براساس شبکه عصبی^۲ پرداختند. این مقاله ابتدا داده‌های عملکرد معمول کارکنان را جمع‌آوری و پیش‌پردازش می‌کند و سپس امتیازات کیفی مربوطه را براساس شبکه عصبی *BP* پیش‌بینی می‌کند.

نتایج نشان داده است که اگرچه شبکه عصبی *BP* دارای دو عملکرد عالی تقریب تطبیقی و غیرخطی است، اما می‌تواند رابطه غیرخطی پیچیده بین عملکرد عادی و عملکرد کلی را حل کند. اما شبکه عصبی *BP* هنوز در برخی جنبه‌ها کاستی‌های اجتناب‌ناپذیر دارد و شبکه عصبی فازی به‌راحتی در بهینه محلی قرار می‌گیرد و یافتن بهینه جهانی دشوار است.

دیرکشاو و چابرا آمیت [16] به ارزیابی اتوماتیک کارکنان از طریق ترکیب شبکه عصبی و فازی با استفاده از اینترنت اشیا پرداخته‌اند. رویکردهای ارزیابی عملکرد موجود براساس برآوردهای دستی است که می‌تواند سلیقه‌ای، جهت‌گیرانه و خویشاوند گرایانه باشد. از این‌رو، این طرح‌های ارزیابی دستی ممکن است انگیزه کارکنان را از بین ببرد. برای آنکه این ارزیابی صرفاً عملکردمحور باشد، ایشان یک چارچوب مبتنی بر عصبی-فازی پیشنهاد و برای شناسایی و ردیابی فعالیت‌های کارکنان، از حسگرهای فعال اینترنت اشیا استفاده نمودند.

¹Distributed Fuzzy Qualitative Evaluation System (DFQES)

² Back Propagation (BP)



هال و همکاران [17] به آثار عملکرد برنامه‌نویسان بر خروجی پروژه‌های نرم‌افزاری پرداخته‌اند و دریافته‌اند که صلاحیت فنی، مهارت‌های فردی و پیروی از شیوه‌های خوب، بیش‌ترین تاثیر را در موفقیت پروژه‌های نرم‌افزاری دارد. همچنین در مقاله‌ای دیگر [18] به اهمیت انگیزه برنامه‌نویسان در شرکت‌های نرم‌افزاری اشاره نمودند. و برای این منظور ۹۲ تحقیق چاپ‌شده در این رابطه را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد، که انگیزه برنامه‌نویسان می‌تواند بر تحویل به‌موقع پروژه، بهره‌وری و پایداری به‌بودجه، و ماندگاری برنامه‌نویسان و کاهش غیبت تاثیر قابل‌توجهی داشته باشد. و اعتقاد دارند که کنترل این عوامل کار ساده‌ای نیست.

رونالد راش و هرنی توسی [19] اشاره نمودند که عملکرد توسعه‌دهندگان نرم‌افزار تاثیر مستقیمی بر محصول نرم‌افزاری توسعه داده‌شده دارد و میزان اثرگذاری سه عامل ویژگی‌های فردی، تئوری انتظارات، تئوری هدف‌گذاری را بر عملکرد توسعه‌دهندگان نرم‌افزار مورد بررسی قرار داده است که نتایج نشان داده است که ویژگی‌های فردی بیش‌ترین اثرگذاری را بر عملکرد توسعه‌دهنده دارد و موارد دیگر تاثیرگذاری پیچیده‌ای دارند.

ناتان بادو و همکاران [20] نیز تاثیر انگیزه بر نتایج پروژه‌ها را در ۹ شرکت نرم‌افزاری بالغ تحقق نموده‌اند و نتیجه گرفتند که مهم‌ترین عواملی که موجب خلق انگیزه در کارکنان می‌شود، حقوق و مزایا، شناخته‌شدن و فرصت‌های دست‌یافتنی می‌باشد. همچنین اشاره نمودند که حقوق و مزایا در ایجاد انگیزه چندان برجسته نیست.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که پژوهشی که به بررسی هم‌زمان شاخص‌های کیفی و کمی در یک سیستم فازی و با ماهیت مشابه پرداخته باشد دیده نشده است. توجه به این موضوع که معیارهای مختلف اثرگذاری متفاوتی بر عملکرد کارکنان خواهند داشت، نیازمند تعیین وزن مناسب برای هر شاخص دارد که در سیستم فازی توسعه داده‌شده در این مقاله این مهم با تعریف قواعد استخراج‌شده از خبرگان کاملاً پوشش داده می‌شود. همچنین یکی از چالش‌ها سیستم فازی زمانی که با تعدد بالای شاخص‌ها روبه‌رو هستیم، بالا بودن تعداد قواعد موردنیاز است. برای مرتفع نمودن این مهم و کاهش تعداد قواعد از یک مدل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده است که تاثیر قابل‌توجهی در کاهش تعداد قواعد موردنیاز سیستم فازی دارد. از دیگر نوآوری‌های این پژوهش استفاده از مدل توسعه داده‌شده در دنیای واقعی (یک شرکت لبنی ایرانی) و بررسی کیفیت خروجی‌های این مدل بوده است.

۳- شرح مساله

تاکنون معیارهای مختلفی برای ارزیابی کارکنان ارایه شده است که این معیارها می‌تواند کمی یا کیفی باشد اما تجربه نشان می‌دهد که معیارهای کمی به‌تنهایی نمی‌تواند ابزار کافی برای ارزیابی باشد. در حقیقت بخشی از عملکرد کارکنان ستادی در قالب معیارهای عددی قابل ارزش‌گذاری نیست و اندازه‌گیری آن‌ها نیز با عدم قطعیت و ابهام همراه است و معمولاً به‌وسیله معیارهای زبانی و عبارت کلامی بیان می‌گردد. بایستی به این موضوع توجه داشت که معیارهای مختلف اثرگذاری متفاوتی بر عملکرد کارکنان خواهند داشت، لذا تعیین وزن مناسب برای هر شاخص از جمله ابهاماتی است که محاسبات را پیچیده و بعضاً نادقیق و غیرممکن می‌کند.

سیستم فازی این امکان را فراهم می‌کند که از دانش و بینش خبرگان استفاده نموده تا مدل ارزیابی دقیق‌تر و منطبق‌تر بر هر سازمان توسعه داده شود. از این‌رو برای بهبود ارزیابی عملکرد کارکنان ستادی در این مقاله یک سیستم فازی سلسله‌مراتبی توسعه داده شده است که در ادامه به‌تفصیل شرح داده شده است. با افزایش تعداد شاخص‌های در یک سیستم فازی تعداد قواعد موردنیاز به‌صورت تصاعدی افزایش خواهد یافت لذا برای مرتفع نمودن این موضوع نیز از سیستم‌های فازی سلسله‌مراتبی استفاده شده است.

۴- روش پژوهش

با توجه به اهمیت ارزیابی عملکرد کارکنان، قصد داریم با شناسایی شاخص‌های کمی و کیفی مرتبط با ارزیابی کارکنان ستادی، به ارایه مدلی برای این منظور بپردازیم. به‌طور کلی شاخص‌های عملکردی هر فعالیت در سازمان‌های مختلف متناسب باهدف سازمان می‌تواند متفاوت باشد. لذا در این پژوهش جهت شناسایی شاخص‌های مناسب و فازی‌سازی و دی‌فازی نمودن آن‌ها از نظر ۱۱ مدیر ارشد سازمان مورد مطالعه کمک گرفته شده است.



هدف اصلی این پژوهش ارایه مدل ارزیابی عملکرد موثر با به کارگیری شاخص‌های شناسایی شده در بستر یک مدل استنتاج فازی سلسله‌مراتبی است؛ بنابراین، ساختار پژوهش نیز فازی و از نوع سیستم فازی است. خروجی این پژوهش دارای ماهیت کاربردی خواهد بود. علاوه بر آن این پژوهش از نظر روش، به عنوان پژوهشی تحقیق و توسعه به شمار می‌رود.

ما در این مقاله به نگاشت ورودی شاخص‌های کیفی و کمی کارکنان جهت ارزیابی عملکرد ایشان با بهره‌گیری از سیستم استنتاج فازی می‌پردازد. سیستمی که ورودی‌های مختلف را در نظر می‌گیرد و به کمک قواعد تعریف‌شده ورودی و خروجی‌ها را باهم مرتبط می‌کند و در نهایت ارزیابی کلی از هر کارمند را ارایه می‌دهد.

مهم‌ترین بخش یک سیستم فازی بانک قواعد آن است که به‌عنوان مغز تصمیم‌گیرنده سیستم عمل می‌کند. این قواعد مجموعه‌هایی از قوانین منطقی اگر-آنگاه است که منجر به نگاشت متغیرهای ورودی به متغیر خروجی می‌شود. از جمله دغدغه‌های پژوهشگران در یک سیستم فازی، تعریف تعداد بالای قاعده است، زیرا تعداد بالای شاخص توسعه سیستم فازی را نیازمند به پرسش‌نامه‌ها بسیار طولانی و با سوالات پراکنده خواهد کرد، لذا جامعه خبره‌ای که مقرر است این پرسشنامه‌ها را پاسخ دهند نیز وارد سوالات فرسایشی پیچیده خواهند شد که کیفیت پاسخ را تحت تاثیر منفی قرار خواهد داد، برای این منظور در این مقاله ما از سیستم‌های فازی کوچک که شامل شاخص‌های نزدیک به هم از منظر مفهوم و عملکرد هستند استفاده نمودیم که به‌عنوان توابع کوچک‌تر عمل نموده و خروجی هر یک از آن‌ها ورودی سیستم فازی کلان‌تر در سطوح بعدی خواهد بود (شکل ۱). لذا در گام اول دسته‌بندی از تمامی شاخص‌های تعریف‌شده مشخص خواهد شد، و در گام دوم برای هر دسته یک سیستم فازی مستقل تعریف می‌شود.

برای رسیدن به یک خروجی واحد که نشان‌دهنده ارزیابی نهایی کارمندان باشد، باید گام‌های یک و دو مجدد تکرار شود. در هر تکرار خروجی سیستم‌های فازی در سطح قبلی به‌عنوان ورودی یک سیستم فازی مستقل در سطح بالاتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سلسله‌مراتب تکرار شده تا مدل به یک سیستم فازی و یک خروجی واحد ختم شود (شکل ۱).

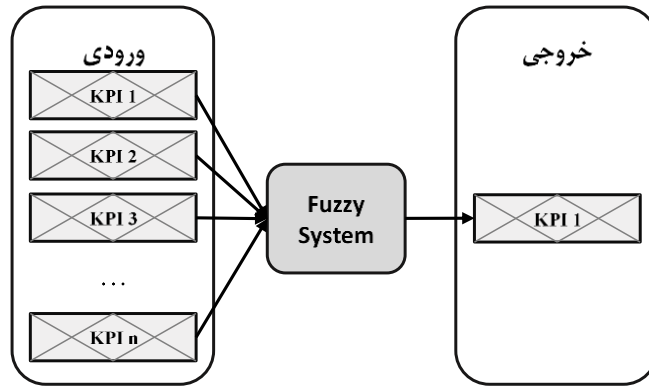
با این رویکرد پرسش‌نامه‌های مجزا و تخصصی‌تر برای هر سیستم فازی با تعداد کم‌تری قاعده تدوین شده و از خبرگان انتخاب‌شده که در این پژوهش که شامل ۵ مدیر و ۲۵ نفر از کارکنان بیش از ۳ سال سابقه بودند، خواسته‌شده این پرسش‌نامه‌ها را تکمیل نمایند. در نهایت به کمک داده‌های دریافتی از پرسش‌نامه‌ها به توسعه سیستم فازی پرداخته شده است. پس از تعریف قواعد و توسعه سیستم فازی جهت بررسی کارایی مدل، عملکرد چند کارمند از یک واحد با داده‌های واقعی مورد بررسی قرار گرفته است. به‌منظور تعیین داده‌های ورودی سیستم فازی برای شاخص‌های کیفی از اظهارنظر ذی‌نفعان مرتبط با این کارکنان کمک گرفته شده است.

۵- طراحی سیستم خبره فازی

سیستم فازی موردنظر به‌صورت مراحل زیر، توسعه و در نرم‌افزار *MATLAB* به کمک ماژول *Simulink* پیاده‌سازی شده است.

۵-۱- طراحی اولیه سیستم

در این مرحله به تعریف پارامترهای ورودی و متغیر خروجی سیستم پرداخته شده است. همواره یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای ارزیابی، وجود شاخص‌های مرتبط است که تمامی جنبه‌های با اهمیت عامل مورد ارزیابی را وصف نماید و به‌عنوان ورودی سیستم فازی تعریف می‌گردد. همچنین خروجی سیستم نیز می‌بایست داده‌های کمی باشد که امکان تصمیم‌سازی و مقایسه را برای فراهم نماید (شکل ۱). در ادامه به تعریف هر یک از ورودی و خروجی‌های این سیستم فازی و جزئیات این سیستم پرداخته شده است.



شکل ۱- سیستم فازی.

Figure 1- Fuzzy System.

۱-۱-۵- ورودی سیستم فازی

آثار فعالیت‌های اجتماعی کارکنان (مانند: هماهنگی‌های غیررسمی، ارتباطات اعضای تیم، توانایی حل اختلافات گروهی و میزان حمایت اعضا از یکدیگر) بر محصول نهایی یا خدمات قابل ارائه یک سازمان از اهمیت بالایی در موفقیت سازمان برخوردار است. لذا در تعیین ورودی سیستم فازی موردنظر ما به جنبه‌های اجتماعی کارکنان نیز توجه شده است.

سازمان‌های مختلف شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد کارکنان ستادی خود استفاده می‌نمایند، شاخص‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش به کمک نظرسنجی انجام شده از ۱۱ مدیر ارشد یک شرکت بزرگ لبنی ایرانی استخراج شده است که تا حد خوبی تمامی جوانب فعالیت یک کارمند ستادی را پوشش می‌دهد.

در آینده در صورت نیاز، شاخص‌های با اهمیت دیگری نیز می‌تواند به این سیستم اضافه گردد. هر یک از این شاخص‌ها به تفکیک کمی و کیفی به شرح ذیل ارائه می‌گردد.

شاخص‌های کیفی به شرح زیر می‌باشد:

۱. دانش فنی مرتبط با فعالیت و بروز بودن.
۲. کیفیت کار (درصد ساعت کاری مفید).
۳. شخصیت فردی و پذیرش کار تیمی.
۴. مسئولیت‌پذیری و پاسخ‌گو بودن (تعهد کاری).
۵. کیفیت گزارشات ارائه شده.

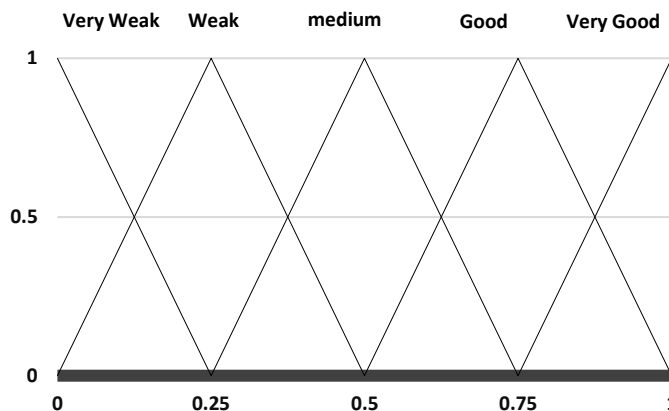
شاخص‌های کمی به شرح زیر می‌باشد:

۱. درصد کلی تحقق هدف سازمان.
۲. انضباط کاری.
۳. تعداد گزارشات کنترلی تهیه شده.
۴. ایده و تعداد نکات قابل بهبود ارائه شده.
۵. حضور موثر در پروژه‌های توسعه‌ای.
۶. مدت‌زمان آموزش ارائه شده (انتقال دانش).
۷. تعداد ماموریت‌های موثر.

۵-۲-۱- فازي سازي شاخص های کيفی



این قابلیت در مجموعه های فازي وجود دارد که پارامترهای کيفی و کلامی را با تعريف درجه عضویت آن ها به پارامترهای کمی تبدیل نمود و سپس استنتاج ریاضیاتی را بر روی آن ها انجام داد. علاوه بر این، میزان عضویت هر کدام از پارامترهای کيفی را می توان در مجموع اصلی با یک درجه عضویت کمی تعیین نمود. این امر در سنجش شاخص های ارزیابی عملکرد بسیار مفید می باشد و بر آن اساس می توان عملکرد افراد را مورد ارزیابی قرارداد. لذا با این رویکرد شاخص های کمی سیستم فازي به پنج دامنه خیلی-ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب که توسط تابع مثالی به شرح تصویر ذیل تعريف شده اند، تقسیم گردیده است (شکل ۲).



شکل ۲- تابع عضویت فازي برای شاخص های کيفی.
Figure 2- Fuzzy membership function for quality indicators.

۵-۲-۲- فازي سازي شاخص های کمی

درصد تحقق هدف سازمان: جهت فازي نمودن این شاخص، از نظر ۱۱ مدیر واحدهای مختلف سازمان برای تعريف سه دامنه کم^۱، متوسط^۲ و زیاد^۳ استفاده شده است. کران بالا، پایین و مرکز هر دسته به کمک نظرخواهی انجام شده مشخص گردیده است که نتایج در شکل ۳ ارایه می گردد. برای نمونه تابع عضویت شاخص درصد تحقق هدف به کمک اطلاعات جدول ۱ استخراج شده است.

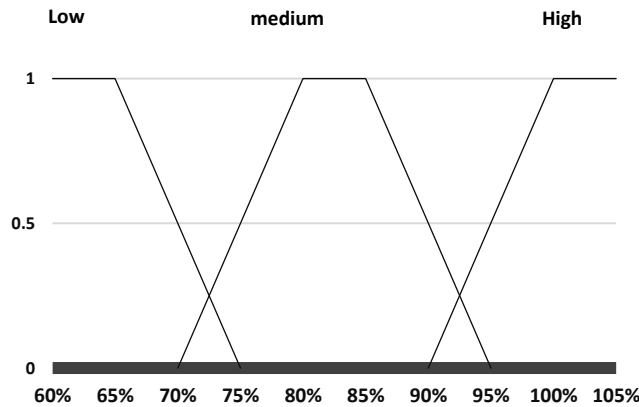
جدول ۱- نمونه جدول نظرسنجی برای بررسی تابع عضویت شاخص.

Table 1- Sample survey table to check the membership function of the index.

شرح	ضعیف			متوسط			خوب		
	U	M	L	U	M	L	U	M	L
مدیر واحد طرح و برنامه	70%	65%	0%	90%	85%	75%	105%	95%	85%
مدیر واحد سیستم های و روش ها	75%	65%	0%	95%	90%	80%	110%	100%	90%
مدیر واحد ترابری	75%	70%	0%	95%	90%	80%	105%	100%	90%
مدیر واحد تدارکات	75%	65%	0%	95%	90%	80%	110%	100%	90%
مدیر واحد حسابداری فروش	75%	70%	0%	95%	90%	80%	105%	100%	90%
مدیر واحد انبارها	80%	60%	0%	100%	95%	85%	120%	105%	95%
مدیریت واحد برون سپاری	70%	65%	0%	90%	85%	75%	105%	95%	85%
مدیریت مالی	75%	65%	0%	95%	90%	80%	110%	100%	90%
مدیریت واحد عملیات	75%	70%	0%	95%	90%	80%	105%	100%	90%
مدیر واحد برنامه ریزی فروش	80%	60%	0%	100%	95%	85%	120%	105%	95%
مدیر واحد برنامه ریزی تولید	75%	70%	0%	95%	90%	80%	105%	100%	90%
میانگین	75%	66%	0%	95%	90%	80%	109%	100%	90%

¹ Low
² Medium

³ High

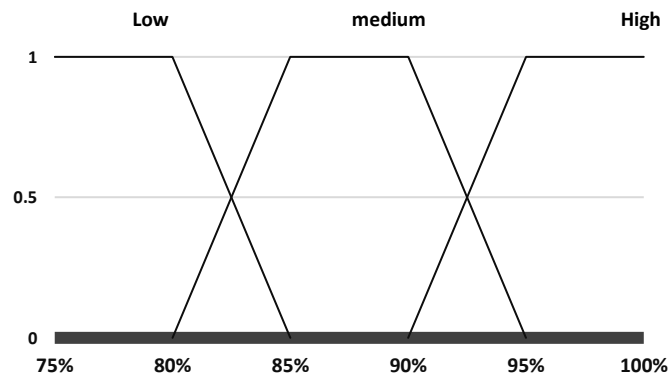


شکل ۳- تابع عضویت فازی برای شاخص درصد تحقق هدف سازمان.

Figure 3- Fuzzy membership function for the organization's goal achievement percentage index.

انضباط کاری: جهت فازی نمودن این شاخص، نسبت تعداد روزهای تاخیر بر مجموع تعداد روزهای کاری، ماه به‌عنوان شاخصی برای تعریف سه دامنه کم، متوسط و زیاد مورد استفاده قرار گرفته است. برای محاسبه تابع عضویت فازی این شاخص از سوابق اطلاعات ورود و خروج کارکنان در بازه زمانی دو ساله استفاده شده است، به گونه‌ای که تعداد روز تاخیر کارکنان برای چند ماه استخراج شده و کارمندان به سه دسته نظم ضعیف، متوسط و زیاد تقسیم شدند. کران بالا، پایین و مرکز هر دسته به عنوان کران بالا و پایین و مرکز دامنه در نظر گرفته شده است، که نتایج در شکل ۴ ارائه می‌گردد.

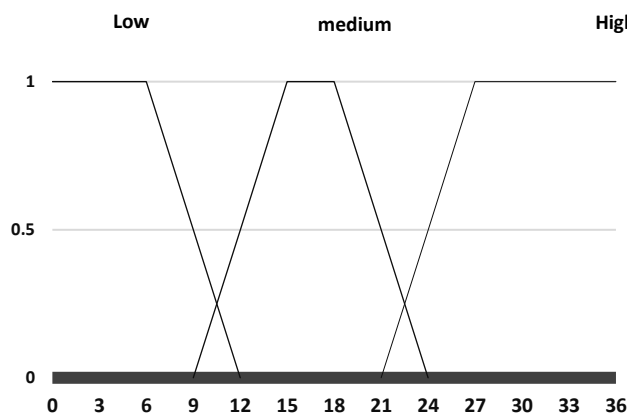
$$\text{تعداد روز تاخیر} \\ \text{تعداد روز کاری ماه مورد نظر} = 1 - \text{شاخص تاخیر ماهانه} \quad (1)$$



شکل ۴- تابع عضویت فازی برای شاخص انضباط کاری.

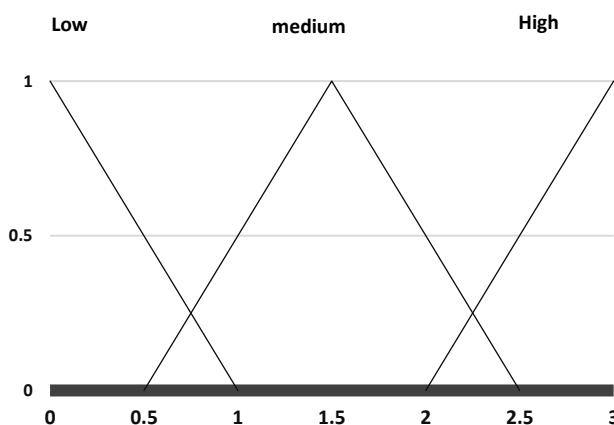
Figure 4- Fuzzy membership function for work discipline index.

تعداد گزارشات کنترلی تهیه‌شده: جهت فازی نمودن این شاخص برحسب جنس فعالیت‌های واحد از نظر، مدیریت واحد برای تعریف سه دامنه کم، متوسط و زیاد استفاده شده است. کران بالا، پایین و مرکز هر دسته به کمک نظرخواهی انجام‌شده از ۱۱ مدیر آن سازمان مشخص گردیده است که نتایج در شکل ۵ ارائه می‌گردد.



شکل ۵- تابع عضویت فازی برای شاخص تعداد گزارشات کنترلی تهیه شده.
Figure 5- Fuzzy membership function for the indicator of the number of prepared control reports.

تعداد ایده و نکات قابل بهبود ارایه شده: جهت فازی نمودن این شاخص برحسب جنس فعالیت‌های واحد از نظر ۱۱ مدیر آن سازمان برای تعریف سه دامنه کم، متوسط و زیاد استفاده شده است. کران بالا، پایین و مرکز هر دسته به کمک نظرخواهی انجام شده از سرپرستان و مدیران آن سازمان مشخص گردیده است که نتایج در شکل ۶ ارایه می‌گردد.



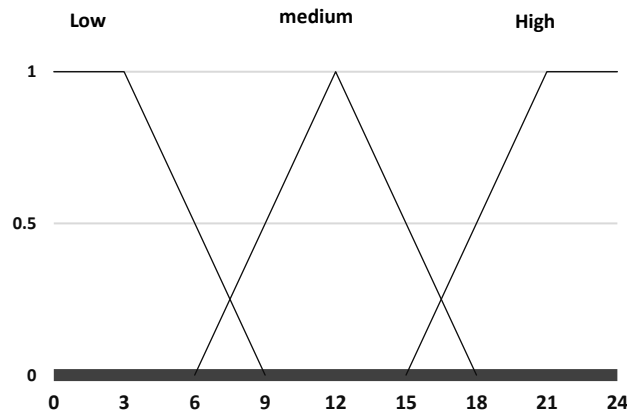
شکل ۶- تابع عضویت فازی برای شاخص تعداد ایده و نکات قابل بهبود ارایه شده.
Figure 6- Fuzzy membership function for the index of the number of ideas and points that can be improved.

حضور موثر در پروژه‌های توسعه‌ای: جهت فازی نمودن این شاخص، نسبت مجموع ساعت حضور در پروژه‌های توسعه‌ای بر مجموع نفرساعت کاری ماهانه به‌عنوان شاخصی برای تعریف سه دامنه کم، متوسط و زیاد مورد استفاده قرار گرفته است. کران بالا، پایین و مرکز هر دسته به کمک نظرخواهی انجام شده از ۱۱ مدیر آن سازمان مشخص شده است که نتایج در شکل ۷ ارایه می‌گردد.

$$\text{حضور موثر در پروژه توسعه} = \frac{\text{ساعت حضور در پروژه های توسعه ای}}{\text{نفر ساعت کاری ماه مورد نظر}} \times 100. \quad (۲)$$



۱۲۳

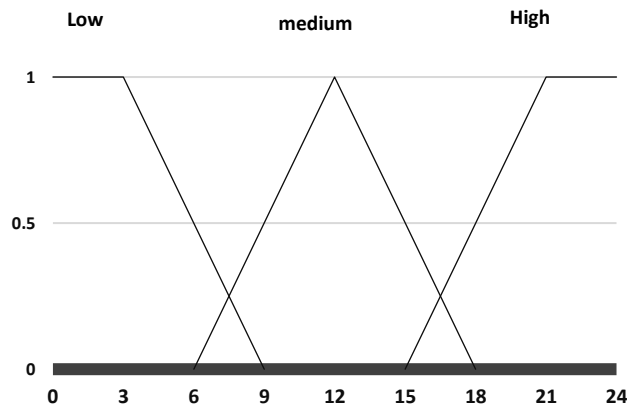


شکل ۷- تابع عضویت فازی برای شاخص حضور موثر در پروژه‌های توسعه‌ای.

Figure 7- Fuzzy membership function for the index of effective presence in development projects.

مدت زمان آموزش ارایه شده: در فازی نمودن این شاخص، از نسبت مجموع ساعت آموزش صرف شده بر مجموع نفر ساعت کاری ماهانه به‌عنوان شاخصی برای تعریف سه دامنه کم، متوسط و زیاد مورد استفاده شده است. کران بالا، پایین و مرکز هر دسته به کمک نظرخواهی انجام شده از ۱۱ مدیر آن سازمان مشخص گردیده است که نتایج در جدول ۸ ارایه می‌گردد.

$$\text{شاخص آموزش} = \frac{\text{ساعت آموزش}}{\text{نفر ساعت کاری ماه مورد نظر}} \times 100. \quad (۳)$$

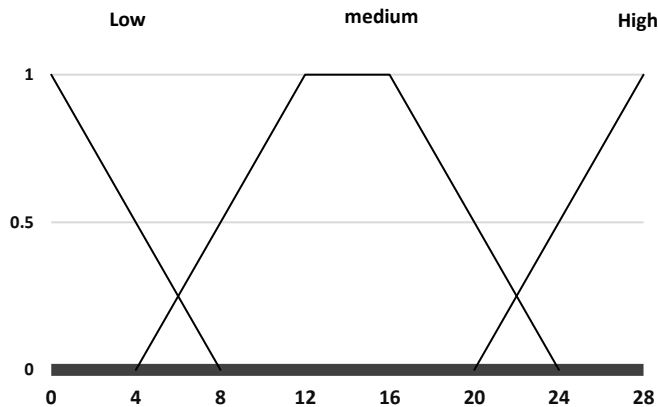


شکل ۸- تابع عضویت فازی برای شاخص مدت زمان آموزش ارایه شده.

Figure 8- Fuzzy membership function for the provided training duration index.

ماموریت‌های موثر: در فازی نمودن این شاخص، از نسبت مجموع ساعت ماموریت بر مجموع نفر ساعت کاری ماه به‌عنوان شاخصی برای تعریف سه دامنه کم، متوسط و زیاد مورد استفاده شده است. فازی نمودن این شاخص برحسب جنس فعالیت‌های واحد، و نظر مدیران آن سازمان خواهد شد. کران بالا، پایین و مرکز هر دسته به کمک نظرخواهی انجام شده از ۱۱ مدیر آن سازمان مشخص گردیده است که نتایج در شکل ۹ ارایه می‌گردد.

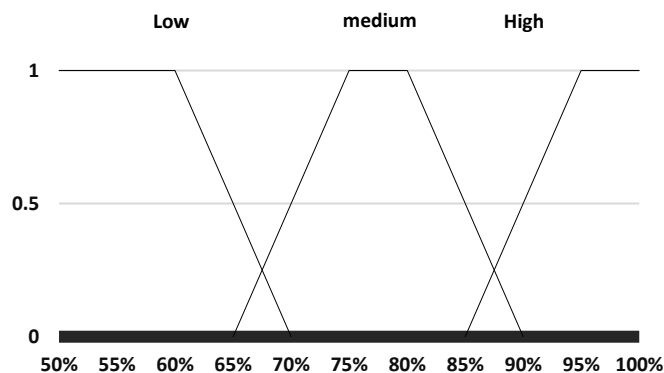
$$\text{شاخص ماموریت موثر} = \frac{\text{ساعت ماموریت}}{\text{نفر ساعت کاری ماه مورد نظر}} \times 100. \quad (۴)$$



شکل ۹- تابع عضویت فازی برای شاخص تعداد ماموریت‌های موثر.
Figure 9- Fuzzy membership function for the index of the number of effective missions.

۳-۵- دی فازی‌سازی خروجی‌ها

در حالت کلی دو نوع سیستم استنتاج فازی وجود دارد: ممدانی و سوگنو یا تاکاگی سوگنو کانگ *TSK* در سیستم‌های ممدانی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است خروجی سیستم به صورت فازی بوده و عمدتاً در سیستم‌های تحلیلی انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا لازم است در انتهای هر سیستم فازی نتیجه دی فازی گردد. در سیستم فازی سلسله‌مراتبی توسعه داده شده، جهت دی فازی نمودن خروجی دو سیستم‌های فازی اول و دوم که مربوط به شاخص‌های کیفی هستند از تابع عضویت اشاره شده در شکل ۲ استفاده شده است. همچنین برای دی فازی نمودن خروجی سیستم فازی سوم که شاخص‌های کمی هستند از تابع عضویت شکل ۱۰ که به کمک نظرات دریافتی از ۱۱ مدیر سازمان مورد بررسی تعریف شده، استفاده شده است (مشابه روش ارایه شده در تعیین تابع عضویت شاخص درصد تحقق هدف سازمان).



شکل ۱۰- تابع عضویت فازی برای دی فازی کردن خروجی سیستم فازی شاخص‌های کمی.
Figure 10- Fuzzy membership function for de-fuzzing the output of the quantitative indicators fuzzy system.

همچنین برای فازی‌سازی ورودی‌های سیستم فازی نیز از همین توابع عضویت متناسب با خروجی هر سیستم استفاده شده است.

۴-۵- تدوین قواعد استنتاج

پس از تعریف ورودی‌ها، فرایند استنتاج فازی آغاز می‌شود. بدین صورت که تکنیک فازی از طریق ارزیابی اطلاعات ورودی براساس مجموعه‌ای از قواعد فازی به شکل جملات شرطی "اگر...، آنگاه..." صورت می‌گیرد. در فرآیند فازی، خروجی با توجه به تابع عضویت فازی و فرایند استنتاج صورت می‌گیرد. لذا جهت استدلال و استنتاج ترکیب منطقی، از خروجی‌های قواعد استفاده می‌گردد و متناظر با



شرایط قسمت شرط قاعده " اگر " می‌توان قاعده منطق خروجی را نوشت. همان‌طور که اشاره شد تعداد ورودی‌های سیستم فازی توسعه داده شده ۸ شاخص است که با در نظر گرفتن تعداد دامنه در نظر گرفته شده برای هر شاخص (۶ شاخص با ۵ دامنه‌ای و ۶ شاخص با ۳ دامنه‌ای - $5^6 \times 3^6 = 11,390,625$) مجموعاً حدود ۱۱ میلیون قاعده برای توسعه این سیستم فازی مورد نیاز است تا تمامی حالات را جهت تصمیم‌گیری پوشش دهد، که تعیین نمودن این تعداد قاعده تقریباً غیر ممکن است. جهت کاهش تعداد قاعده‌ها از سیستم‌های فازی سلسله‌مراتبی استفاده شد که گام‌های اجرای آن به شرح ذیل بوده است:

۱. در گام اول دسته‌بندی از تمامی شاخص‌های تعریف شده ایجاد شد (جدول ۲).
۲. در گام دوم برای هر دسته یک سیستم فازی مستقل تعریف شد که وظیفه آن دریافت اعداد این شاخص‌ها و تبدیل آن به یک خروجی واحد بوده است.

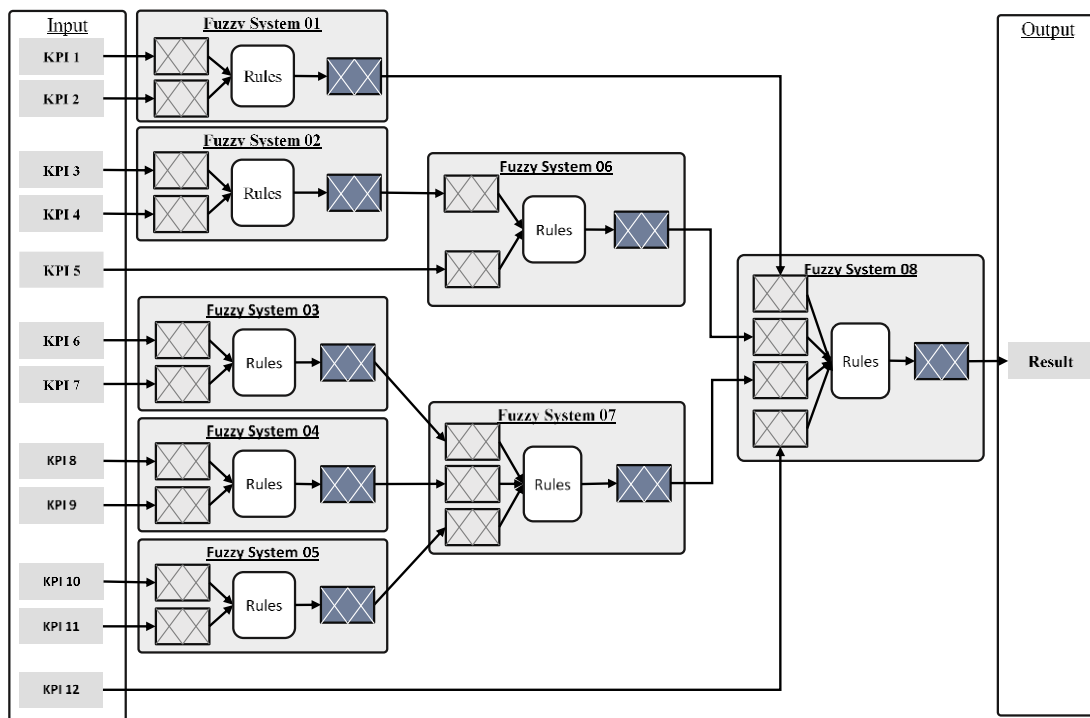
جدول ۲- نحوه ادغام شاخص‌های هم‌جنس.

Table 2- How to integrate the indicators of the same gender.

شاخص سطح چهارم	شاخص سوم	شاخص دوم	شاخص اول
نمره ارزیابی عملکرد	مهارت تخصصی KPI (AA)	مهارت تخصصی KPI (A)	دانش فنی مرتبط با فعالیت و بروز بودن KPI 1
			کیفیت کار (درصد ساعت کاری مفید) KPI 2
	صلاحیت اخلاقی و نظم KPI (BB)	رفتار حرفه‌ای KPI (B)	شخصیت فردی و پذیرش کار تیمی KPI 3
			مسئولیت‌پذیری و پاسخ‌گو بودن (تعهد کاری) KPI 4
			انضباط کاری KPI 5
			تعداد گزارشات کنترلی تهیه شده KPI 6
	عملکرد واقعی KPI (C)	نقش موثر در توسعه KPI (E)	کیفیت گزارشات ارائه شده KPI 7
			ایده و تعداد نکات قابل بهبود ارائه شده KPI 8
			حضور موثر در پروژه‌های توسعه‌ای KPI 9
			مدت زمان آموزش ارائه شده KPI 10
			مأموریت‌های موثر KPI 11
			درصد تحقق هدف سازمان KPI (C)



همان‌طور که مشاهده می‌شود برای رسیدن به یک خروجی کلی که نشان‌دهنده ارزیابی نهایی کارمندان باشد، باید گام‌های یک و دو تکرار شود. در هر تکرار خروجی سیستم‌های فازی در سطح قبلی به عنوان ورودی یک سیستم فازی مستقل در سطح بالاتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سلسله مراتب تکرار شده تا مدل به یک سیستم فازی و یک خروجی واحد ختم شود. شکل ۱۱ شمای کلی از سیستم فازی سلسله‌مراتبی طراحی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- سیستم فازی سلسله‌مراتبی جهت کاهش تعداد قاعده‌ها.
Figure 11- Hierarchical fuzzy system to reduce the number of rules.

با در نظر گرفتن این روش تعداد قاعده‌های مورد نیاز از ۱۱ میلیون به مجموعاً ۲۶۶ مورد کاهش خواهد یافت (جدول ۳).

جدول ۳- نحوه محاسبه تعداد قاعده سیستم فازی سلسله‌مراتبی مورد نیاز.

Table 3- How to calculate the required number of hierarchical fuzzy system rules.

شاخص سطح سوم		شاخص سطح دوم		شاخص سطح اول						
تعداد	تعداد شاخص	تعداد	تعداد شاخص	تعداد	تعداد شاخص					
قاعده	وضعیت	قاعده	وضعیت	قاعده	وضعیت					
135	5	KPI (AA)	5	5	KPI (A)	25	5	KPI 1		
						5	KPI 2			
	3	KPI (BB)	15	5	KPI (B)	25	5	KPI 3		
						5	KPI 4			
				3	KPI (C)	3	KPI (C)	3	3	KPI 5
								3	KPI 6	
	3	KPI (C)	27	3	KPI (D)	15	5	KPI 7		
						3	KPI 8			
				3	KPI (E)	3	KPI (E)	9	3	KPI 9
								3	KPI 10	
	3	KPI (C)	3	3	KPI (F)	9	3	KPI 11		
						3	KPI 12			

به منظور استفاده از دانش خبرگان در تعریف قواعد مناسب برای هر سیستم، پرسش نامه‌هایی مشابه جدول ۴ تهیه شد، (برای هر سیستم یک پرسش نامه) و به ۵ مدیر و ۲۵ نفر از کارکنان بیش از ۳ سال سابقه از یک شرکت لبنی ایرانی داده شده است و از آن‌ها خواسته شده تا پاسخ خود را در خصوص هر قاعده بیان نمایند.

جدول ۴- قواعد مربوط به سیستم فازی شماره ۱.

Table 4- Rules related to fuzzy system number 1.

مهارت تخصصی					کیفیت کار (درصد ساعت کاری مفید)	دانش فنی مرتبط با فعالیت و بروز بودن	ردیف
خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب			
				⊗	خیلی خوب	خیلی خوب	1
			⊗		خوب	خیلی خوب	2
		⊗			متوسط	خیلی خوب	3
	⊗				خیلی ضعیف	خیلی خوب	4
				⊗	ضعیف	خیلی خوب	5
					و غیره

پس از دریافت پرسش نامه، پاسخ‌های مختص به هر قاعده براساس تابع عضویت تعیین شده برای هر شاخص، کمی سازی و به کمک فرمول زیر [21] میانگین پاسخ خبرگان محاسبه و به عنوان خروجی آن سیستم فازی برای آن قاعده در نظر گرفته شده است.

i : وضعیت شاخص شماره ۱.

j : وضعیت شاخص شماره ۲.

k : کارشناس.

K : تعداد کل کارشناس.

C_{ij} : درجه عضویت فازی.

C^l : سمت چپ عدد فازی.

C^m : وسط عدد فازی.

C^r : سمت راست عدد فازی.

$$C_{ij} = \left(\frac{\sum_{k=1}^K C_{ijk}^l}{k}, \frac{\sum_{k=1}^K C_{ijk}^m}{k}, \frac{\sum_{k=1}^K C_{ijk}^r}{k} \right) \quad k = \text{Number of Expert.} \quad (5)$$

برای مثال نحوه محاسبات مربوط به قاعده شماره ۳ به شرح ذیل می‌باشد. جدول ۵ نتایج ۳۰ پرسش نامه تکمیل شده توسط ۵ مدیر و ۲۵ نفر از کارکنان بیش از ۳ سال سابقه را برای این قاعده نشان می‌دهد.

جدول ۵- نتایج پرسش نامه برای قاعده شماره ۳.

Table 5- Questionnaire results for rule number 3.

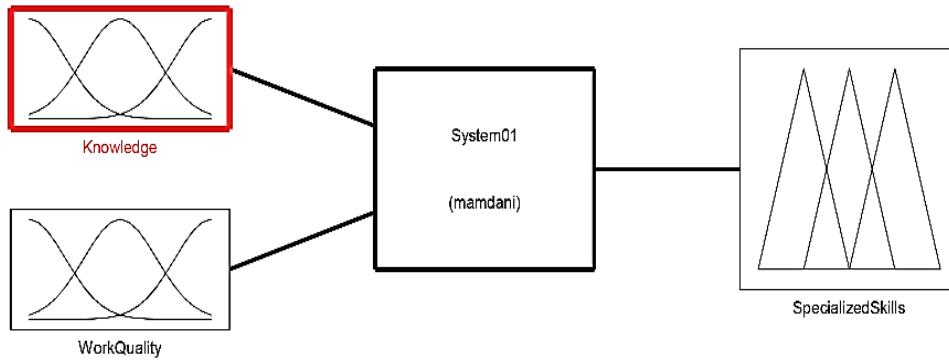
خبره	نتیجه	کمی شده	خبره	نتیجه مهارت تخصصی	کمی شده
1	خوب	(0.5, 0.75, 1)	7	خوب	(0.5, 0.75, 1)
2	متوسط	(0.25, 0.5, 0.75)	8	خوب	(0.5, 0.75, 1)
3	خوب	(0.5, 0.75, 1)	9	متوسط	(0.25, 0.5, 0.75)
4	خوب	(0.5, 0.75, 1)
5	خوب	(0.5, 0.75, 1)
6	خوب	(0.5, 0.75, 1)	30	خوب	(0.5, 0.75, 1)

محاسبات زیر به کمک فرمول میانگین ذکر شده و اطلاعات دریافتی از پرسش نامه انجام شده است.

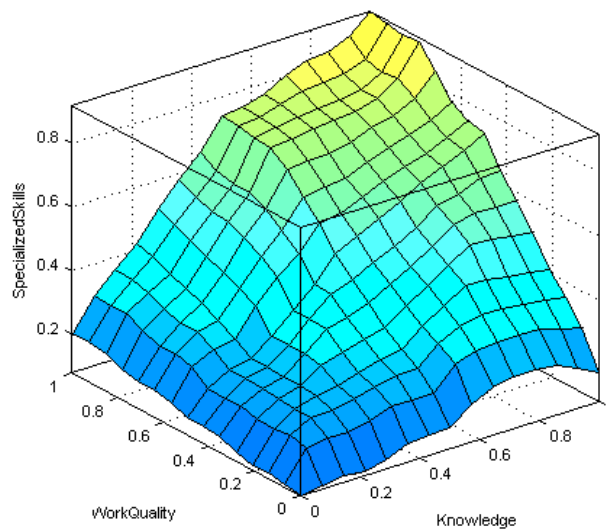


$$C_{ij} = \left(\frac{\sum_{k=1}^K c_{ijk}^l}{k}, \frac{\sum_{k=1}^K c_{ijk}^m}{k}, \frac{\sum_{k=1}^K c_{ijk}^r}{k} \right) = \left(\frac{16.81}{30}, \frac{25.55}{30}, \frac{34.32}{30} \right) = (0.48, 0.73, 0.98) . \quad (6)$$

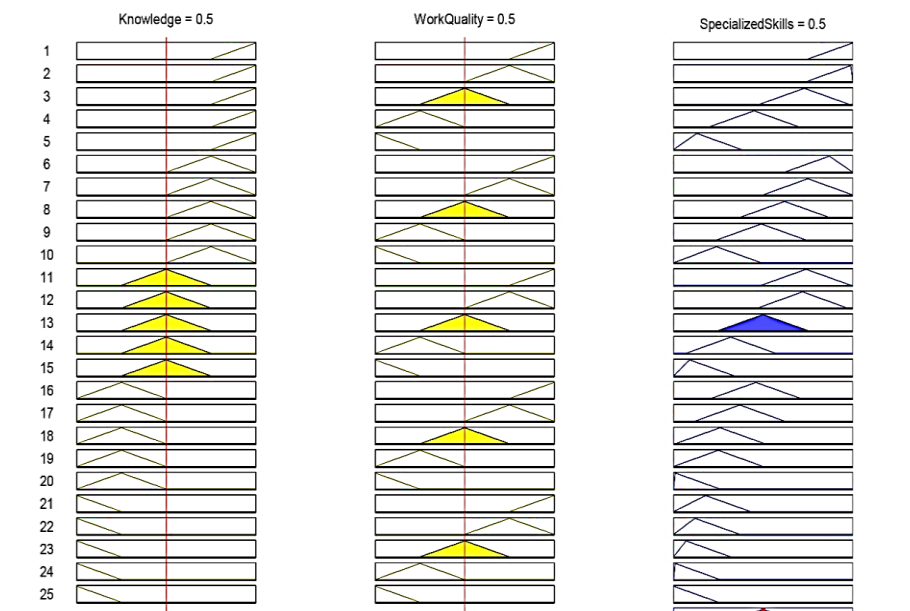
تصویر سیستم فازی شماره ۱ توسعه داده شده با اطلاعات دریافتی از طریق پرسش نامه را نشان می دهد (شکل های ۱۲-۱۴).



شکل ۱۲- طراحی سیستم فازی ۱ در نرم افزار MATLAB.
Figure 12- Designing phase 1 system in the material software.



شکل ۱۳- تصویر سه بعدی قواعد فازی استنتاج سیستم فازی ۱.
Figure 13- 3D image of fuzzy rules of fuzzy system inference 1.



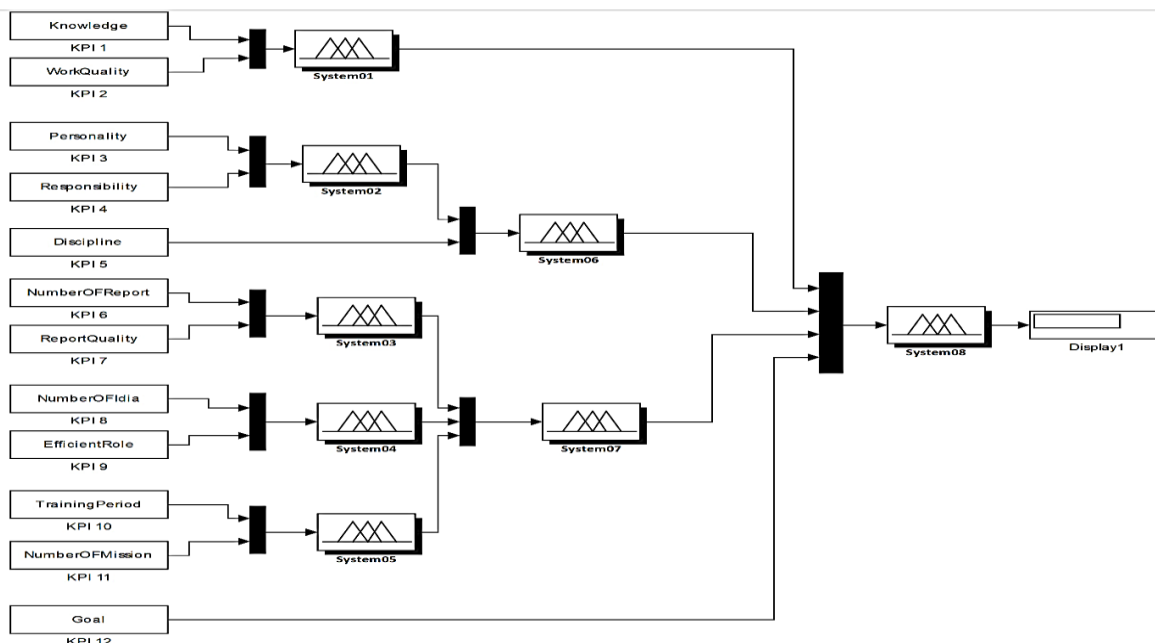
شکل ۱۴- قواعد فازی استنتاج سیستم فازی ۱.
Figure 14- Fuzzy rules of fuzzy system inference 1.



در ادامه جهت بررسی عملکرد مدل توسعه داده شده، به اجرای آن در یک شرکت واقعی پرداخته شده است که نتایج و روش کار در ادامه شرح داده شده است.

۶- مطالعه موردی یک شرکت لبنی معتبر ایرانی

به منظور بررسی کفایت مدل به بررسی نتایج این مدل در یک شرکت لبنی ایرانی پرداخته شده است. برای این منظور یکی از واحدهای ستادی این شرکت با نام واحد طرح و برنامه که متشکل از ۶ کارمند برنامه ریز است مورد بررسی قرار گرفته که نحوه اجرای مدل و نتایج در ادامه به تفصیل شرح داده شده است. ابتدا ۵ مدیر و ۲۵ کارمند مرتبط با آشنا با برنامه ریزی و کنترل موجودی انتخاب شده و پرسشنامه‌هایی مشابه نمونه اشاره شده در توضیحات بالا برای تک تک سیستم‌های فازی تهیه شده و در اختیار این ۳۰ نفر قرار داده شد. سپس به کمک نرم افزار Excel نتایج با فرمول معادله (۵) تجمیع و قواعد تک تک سیستم‌ها آماده‌سازی و به کمک نرم افزار Simulink Matlab2013 شبیه‌سازی شده است (شکل ۱۵).



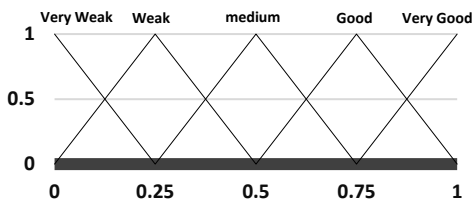
شکل ۱۵- مدل فازی توسعه داده شده در Simulink Matlab 2013.

Figure 15- The fuzzy model developed in Simulink Matlab 2013.

جدول ۶- جدول مربوط به تابع عضویت فازی شاخص‌های کیفی.

Table 6- The table related to the fuzzy membership function of qualitative indicators.

خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب
(2)	(1)	0	1	2
(0, 0, 0.25)	(0, 0.25, 0.5)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)



جهت بررسی کارایی مدل، عملکرد اردیبهشت ماه ۵ نفر از کارکنان واحد طرح و برنامه‌سازمان مورد بررسی به کمک مدل فازی توسعه‌داده شده محاسبه شد، که مراحل محاسبه به شرح ذیل برای یک کارمند ارایه می‌گردد. پرسشنامه‌هایی تهیه و از مدیر مستقیم این کارمند و مدیر ۲۰ شعبه فروش که عملکرد این کارمندان بر کسب‌وکار آنها تاثیرگذار است خواسته شد تا نظر خود را در خصوص هر یک از شاخص‌های کیفی تعریف شده اعلام نمایند. همچنین از ۵ کارمندان دیگر این واحد نیز خواسته شد که نظر خود را برای این کارمند در خصوص این شاخص‌ها اعلام نمایند. (مجموعاً ۲۶ نفر) که نتایج در جدول ۷ ارایه می‌گردد. جدول ۷ برای تمامی ۶ کارمند تهیه شده



است و نتایج حاصل از نظرسنجی دریافت شده از ۲۶ نفر اشاره شده بالا برای شاخص های کیفی، به عنوان ورودی مدل فازی توسعه داده شده مورد استفاده قرار گرفته است.

مبنای اعداد قرارداده شده در جدول ۷ برای شاخص های کیفی برگرفته از جدول ۶ است. اما برای شاخص های کمی همان عدد محاسبه شده به کمک فرمول محاسباتی هر شاخص که در تعریف مدل اشاره شد، قرار داده شده است.



جدول ۷- نتایج نظرسنجی و محاسبه شاخص های کمی کارمند شماره ۱.

Table 7- Results of survey and calculation of quantitative indicators of employees number 1.

شاخص	میانگین عدد فازی		مدیران شعب												مدیران مربوطه							شاخص						
	R	M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20					
81%	1	0.8	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	KPI 1	
84%	1	0.9	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	KPI 2	
73%	1	0.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	KPI 3	
80%	1	0.8	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	KPI 4		
59%	0.8	0.6	0.3	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	KPI 7	
شاخص	95%		مجموع ساعت کاری یا تعداد کل روز کاری																						تعداد یا میزان ساعت			
18		22																										KPI 5
2																												KPI 6
11.9		176																										KPI 8
14.2		176																										KPI 9
4.5		176																										KPI 10
86%																												KPI 11
																												KPI 12

در انتها نتایج مدل ارزیابی فازی توسعه داده شده به شرح جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸- نتایج ارزیابی مدل فازی توسعه داده شده.
Table 8- Evaluation results of the developed fuzzy model.

ردیف	نام کارمند	نتیجه ارزیابی انجام شده	وضعیت	تابع عضویت فازی
1	احمدرضا	63%	خوب	
2	مینا	62%	خوب	
3	صبا	48%	متوسط	
4	کوثر	53%	متوسط	
5	مسعود	63%	خوب	
6	علی	60%	خوب	

بازخوردهای دریافتی از خبرگان و مدیران حاکی از آن بوده که مدل فازی توسعه داده شده با دقت خوبی با انتظارات نزدیک بوده و می تواند مبنای مناسبی برای ارزیابی سایر واحدهای سازمان نیز باشد. یکی از مزایای استفاده از این مدل آن است که این مدل از دقت بالاتری نسبت به مدل سنتی برخوردار بوده و رضایت مندی بیش تری را برای کارکنان سازمان به همراه خواهد داشت و ارزیابی های سلیقه ای حاصل از پیش داوری، روابط و ... را تا حدود زیادی حذف خواهد کرد، همچنین ارزیابی را برای سرپرستان و مدیران ساده و سریع تر خواهد نمود. برای نمونه، ارزیابی قبلی مدیر واحد برای این ۶ کارمند در چهار ماه به شرح جدول ۹ بوده است و در مقایسه با امتیاز محاسبه شده نرم افزار، همبستگی خوبی مشاهده می شود ($R=0.98$).

جدول ۹- مقایسه ارزیابی پیشین و مدل جدید.

Table 9- Comparison of the previous evaluation and the new model.

ردیف	نام کارمند	روش ارزیابی قبلی مدیر واحد			نتیجه ارزیابی مدل مقاله	
		فروردین	اردیبهشت	خرداد	متوسط	وضعیت
1	احمدرضا	98%	98%	95%	97%	خوب
2	مینا	96%	96%	95%	96%	خوب
3	صبا	89%	86%	85%	88%	متوسط
4	کوثر	90%	89%	87%	89%	متوسط
5	مسعود	97%	97%	95%	96%	خوب
6	علی	96%	96%	91%	94%	خوب

نکته منفی اعلام شده در خصوص این مدل سخت گیرانه بودن ارزیابی آن است، که این موضوع ارتباط مستقیم با اظهار نظر ۵ مدیر و ۲۵ نفر از کارکنان بیش از ۳ سال سابقه در خصوص قواعد سیستم های فازی دارد. لذا سیاست و نگاه تیم خبره سخت گیرانه یا سهل گیرانه بودن ارزیابی را مشخص خواهد کرد.

۷- بحث و نتیجه گیری

نیروی انسانی از کلیدی ترین منابع سازمانها محسوب می شوند؛ بنابراین، توجه ویژه به چگونگی مدیریت این منابع و ارزیابی درست آنها جز موضوعات آشنا در سازمانها است. تجربه نشان می دهد که معیارهای کمی به تنهایی نمی تواند ابزار کافی برای ارزیابی باشد. در حقیقت بخشی از عملکرد کارکنان ستادی در قالب معیارهای عددی قابل ارزش گذاری نیست و اندازه گیری آنها نیز با عدم قطعیت و ابهام همراه است و معمولاً به وسیله معیارهای زبانی و عبارت کلامی بیان می گردد.

در این پژوهش شاخص های کیفی و کمی را به طور همزمان در یک سیستم فازی و با ماهیت مشابه در نظر گرفته شده است و با توجه به تعداد بالای قواعد سیستم فازی از یک مدل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است که تاثیر قابل توجهی در کاهش تعداد قواعد مورد نیاز سیستم فازی داشته است.





بایستی به این موضوع توجه داشت که معیارهای مختلف، اثرگذاری متفاوتی بر عملکرد کارکنان خواهند داشت، لذا تعیین وزن مناسب برای هر شاخص از جمله ابهاماتی است که محاسبات را پیچیده و بعضاً نادقیق و غیر ممکن می‌کند اما سیستم فازی این امکان را فراهم می‌کند که از دانش و بیش خبرگان استفاده نموده تا مدل ارزیابی دقیق‌تر و منطبق‌تر بر هر سازمان توسعه داده شود. لذا برای نمونه شاخص‌ها در نظر گرفته شده در این پژوهش به کمک نظرسنجی انجام شده از ۱۱ مدیر ارشد یک شرکت لبنی ایران، استخراج شده است که تا حد خوبی تمامی جوانب فعالیت یک کارمند ستادی را پوشش می‌دهد، در آینده می‌توان، شاخص‌های دیگری نیز به این سیستم اضافه نمود.

به منظور بررسی کفایت مدل توسعه داده شده به بررسی نتایج این مدل در یکی از واحدهای آن شرکت لبنی پرداخته شده است. بازخوردهای دریافتی از خبرگان و مدیران حاکی از آن بوده که مدل فازی توسعه داده شده با دقت خوبی با انتظارات نزدیک بوده و می‌تواند مبنای مناسبی برای ارزیابی سایر واحدهای سازمان نیز باشد. همچنین یکی از مزایایی که مدل‌های این چنینی ایجاد می‌کند کاهش آثار نگاه سلیقه‌ای مدیران در ارزیابی کارشناسان خود است که شایسته‌پروری را در سازمان مستحکم‌تر می‌کند.

در این پژوهش در هر گام چند شاخص به کمک سیستم فازی ترکیب شده و یک شاخص کلان‌تری را ایجاد می‌کند که این سلسله مراتب تکرار می‌شود. در این پژوهش فرض بر آن است که هر شاخص تنها در یک دسته از شاخص‌ها جهت تشکیل شاخص کلان‌تر قرار می‌گیرد برای مثال شاخص دانش فنی کارشناسان جهت شناسایی شاخص کلان‌تر مهارت تخصصی استفاده شده است و در هیچ دسته دیگری استفاده نشده است.

جدول ۱۰- ارتباط یک شاخص سطح یک یا یک شاخص سطح دو.

Table 10- The relevance of a level one indicator or a level two indicator.

شاخص سطح دوم	شاخص سطح اول
KPI (A) مهارت تخصصی	KPI 1 دانش فنی مرتبط با فعالیت و بروز بودن
	KPI 2 کیفیت کار (درصد ساعت کاری مفید)

اما بعضاً یک شاخص می‌تواند به طور هم‌زمان بر دو یا چند شاخص در سطح بالاتر اثرگذاری داشته باشد که این موضوع می‌تواند به عنوان پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد. برای مثال دانش فنی هر فرد می‌تواند بر شاخص‌های سطح دوم ذیل اثرگذار باشد.

جدول ۱۱- ارتباط یک شاخص سطح یک یا چند شاخص سطح دو.

Table 11- The relevance of a level one indicator or several level two indicator.

شاخص سطح دوم	شاخص سطح اول
KPI (A) مهارت تخصصی	KPI 1 دانش فنی مرتبط با فعالیت و بروز بودن
	KPI 2 کیفیت کار (درصد ساعت کاری مفید)
KPI (D) اثربخشی گزارشات	KPI 1 دانش فنی مرتبط با فعالیت و بروز بودن
	KPI 6 تعداد گزارشات کنترلی تهیه شده
	KPI 7 کیفیت گزارشات ارائه شده
KPI (E) نقش موثر در توسعه	KPI 1 دانش فنی مرتبط با فعالیت و بروز بودن
	KPI 8 ایده و تعداد نکات قابل بهبود ارائه شده
	KPI 9 حضور موثر در پروژه‌های توسعه ای
KPI (F) نقش موثر در دانش سازمانی	KPI 1 دانش فنی مرتبط با فعالیت و بروز بودن
	KPI 10 مدت زمان آموزش ارائه شده
	KPI 11 مأموریت های موثر



- [1] Rezaee Kelidbari, H. (2019). Presentation of the human resource performance assessment model using fuzzy inference system (FIS). *Journal of operational research in its applications (applied mathematics)-Lahijan azad university*, 15(4), 79–95.
- [2] Chompukum, P. (2012). Performance management effectiveness in Thai banking industry: a look from performers and a role of interactional justice. *Journal of international business and cultural studies*, 6, 1. <https://www.aabri.com/manuscripts/111040.pdf>
- [3] Cropanzano, R., & Mitchell, M. S. (2005). Social exchange theory: An interdisciplinary review. *Journal of management*, 31(6), 874–900.
- [4] Bekele, A. Z., Shigutu, A. D., & Tensay, A. T. (2014). The effect of employees' perception of performance appraisal on their work outcomes. *International journal of management and commerce innovations*, 2(1), 136–173.
- [5] Naeem, M., Jamal, W., & Riaz, M. K. (2017). The relationship of employees' performance appraisal satisfaction with employees' outcomes: Evidence from higher educational institutes. *FWU journal of social sciences*, 11(2), 71–81.
- [6] Zhao, C., Xue, Y., & Niu, T. (2021). Enterprise human resource management index based on fuzzy system. *Journal of intelligent & fuzzy systems*, 40(2), 3137–3146.
- [7] Ferris, G. R., Munyon, T. P., Basik, K., & Buckley, M. R. (2008). The performance evaluation context: Social, emotional, cognitive, political, and relationship components. *Human resource management review*, 18(3), 146–163.
- [8] Golec, A., & Kahya, E. (2007). A fuzzy model for competency-based employee evaluation and selection. *Computers & industrial engineering*, 52(1), 143–161.
- [9] Zulfikar, W. B., Jumadi, Prasetyo, P. K., & Ramdhani, M. A. (2018). Implementation of mamdani fuzzy method in employee promotion system. *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 288, p. 012147). IOP Publishing.
- [10] Yuen, K. K. F., & Lau, H. C. W. (2006). A distributed fuzzy qualitative evaluation system. *2006 IEEE/WIC/ACM international conference on intelligent agent technology* (pp. 560-563). IEEE.
- [11] Vasanti, G. (2017). Teacher's performance appraisal system using fuzzy logic-A case study. *International journal on recent and innovation trends in computing and communication*, 5(7), 273–278.
- [12] de Oliveira Góes, A. S., & Limão, R. C. (2017). Fuzzy System for human resource performance evaluation. *2017 international conference on computational science and computational intelligence (CSCI)* (pp. 315-321). IEEE.
- [13] Movahed, M. H. Y., Sharifi, E., & Nazembokaei, M. (2018). Evaluating the performance of IT units in the industry with the combined approach of Fuzzy Hierarchy Analysis (FAHP) and Balanced Scorecard (BSC). *Farda management scientific research journal*, 55(17). (In Persian). <https://rimag.ricest.ac.ir/ar/Article/25437>
- [14] Westlund, S. G., & Hannon, J. C. (2008). Retaining talent: Assessing job satisfaction facets most significantly related to software developer turnover intentions. *Journal of information technology management*, 19(4), 1–15.
- [15] Tseng, T. Y., & Luo, Q. (2021). Company employee quality evaluation model based on BP neural network. *Journal of intelligent & fuzzy systems*, 40(4), 5883–5892.
- [16] Dhir, K., & Chhabra, A. (2019). Automated employee evaluation using fuzzy and neural network synergism through IoT assistance. *Personal and ubiquitous computing*, 23, 43–52.
- [17] Hall, T., Jagielska, D., & Baddoo, N. (2007). Motivating developer performance to improve project outcomes in a high maturity organization. *Software quality journal*, 15, 365–381.
- [18] Hall, T., Sharp, H., Beecham, S., Baddoo, N., & Robinson, H. (2008). What do we know about developer motivation? *IEEE software*, 25(4), 92–94.
- [19] Rasch, R. H., & Tosi, H. L. (1992). Factors affecting software developers' performance: An integrated approach. *MIS quarterly*, 16(3), 395–413.
- [20] Baddoo, N., Hall, T., & Jagielska, D. (2006). Software developer motivation in a high maturity company: a case study. *Software process: improvement and practice*, 11(3), 219–228.
- [21] Zimmermann, H. J. (2011). *Fuzzy set theory—and its applications*. Springer Science & Business Media.