

طراحی یک سیستم خبره مبتنی بر منطق فازی جهت تعیین حقوق

الهام بابائی زارچ^{۱*}، پدram پیوندی^۱، حمیده رضوی^۱

^۱گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسوول: گروه مهندسی نساجی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد elham.babaeizarch@mail.um.ac.ir

چکیده

در این پژوهش، یک سیستم خبره مبتنی بر منطق فازی برای محاسبه حقوق ساعتی چرخکاران در کارخانه تولید لباس کار طراحی شده است. مدل پیشنهادی با استفاده از سه معیار سرعت دوخت، کیفیت دوخت و میزان آشنایی با روش دوخت، در محیط متلب پیاده سازی گردید. از سیستم فازی ممدانی با توابع عضویت دوزنقه‌ای و ۲۷ قانون فازی مبتنی بر معیارهای سنجش چرخکاران، توسط مدیر تولید به عنوان یک فرد خبره استفاده شد و مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد این سیستم با دقت ۹۶.۳٪ قادر به تعیین دقیق حقوق است و در مقایسه با روش‌های سنتی، وابستگی به قضاوت فردی را کاهش داده و سرعت محاسبات را افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: سیستم فازی، مدیریت حقوق، بهره‌وری نیروی انسانی، تولیدی پوشاک، ارزیابی عملکرد

۱- مقدمه

تعیین معیارهای عینی و دقیق برای محاسبه حقوق در صنعت نساجی، به عنوان یکی از صنایع کارگرمحور، نه تنها بر انگیزه و رضایت شغلی نیروی کار تأثیر مستقیم دارد، بلکه نقش کلیدی در بهبود بهره‌وری و کاهش نرخ ترک خدمت ایفا می‌کند. روش‌های سنتی مبتنی بر قضاوت ذهنی مدیران به ناعادلانگی، اختلافات کارگری و حتی کاهش کیفیت محصول منجر می‌شود. در سال ۲۰۰۹، مورسی و همکاران با ادغام منطق فازی ممدانی و سنسورها RFID، زمان مجاز حضور کارمندان در بخش‌ها را محاسبه کردند و نشان دادند توابع عضویت گاوسی نسبت به مثلثی، دقت سیستم را ۸۵٪ افزایش می‌دهد. این مطالعات نقش کلیدی منطق فازی را در عینیت بخشیدن به ارزیابی‌های منابع انسانی برجسته می‌کنند [۱]. در سال ۲۰۱۸، راوت و همکاران از سیستم سوگنو برای محاسبه پرداخت متغیر اساتید بر اساس شاخص‌های آکادمیک استفاده کردند و بهبود عدالت در پرداخت‌ها را تأیید نمودند [۲]. در سال ۲۰۲۲، مارسلو اچ. استوپا و همکاران از منطق فازی ممدانی برای تعیین حقوق کارکنان در فرآیند استخدام بر اساس سن (نسل)، تجربه و مهارت استفاده کردند و توانستند با اجرای ۲۱ قانون فازی، سیستم پیشنهادی حقوق را به صورت عادلانه و بدون وابستگی به قضاوت شخصی منابع انسانی تعیین کنند [۳]. در سال ۲۰۲۳، پوردانا و اوستاما با ترکیب منطق فازی (ویژگی‌های شخصیتی)، روش‌های کمی (سابقه کار) و مدل‌های ریاضی، یک سیستم چندمرحله‌ای برای تعیین حقوق کارمندان جدید طراحی کردند. نتایج با داده‌های ۳۰ کارمند آندونزیایی نشان داد این مدل می‌تواند به عنوان مرجع عینی برای حقوق اولیه استفاده شود [۴]. در سال ۲۰۲۴، پانجی رانگا و دونی آویانتو با استفاده از روش فازی ممدانی به تعیین حقوق کارکنان یک کافی‌شاپ براساس معیارهای مدت کار، تجربه و تعداد افراد تحت تکفل پرداخت. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی حقوقی منصفانه و نزدیک به حداقل دستمزد ارائه می‌دهد و عملکرد آن با شاخص‌های MAE و MAPE ارزیابی شد [۵].

منطق فازی به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدل سازی سیستم‌های غیردقیق، در تعیین حقوق کاربرد پیدا کرده است. در این پژوهش سعی شد با پیاده سازی یک سیستم خبره مبتنی بر منطق فازی، راهکاری نوآورانه برای تعیین حقوق ساعتی چرخکاران خط تولید یک کارخانه تولید لباس کار ارائه شود.

۲- روش تحقیق

در صنایع کاربردی مانند نساجی، عدالت در پرداخت‌ها نه تنها کیفیت تولید را بهبود می‌بخشد، بلکه رشد پایدار اقتصادی و کاهش نابرابری اجتماعی را تسهیل می‌کند. سیستم‌های ناعادلانه به کاهش انگیزه، اختلافات کارگری و آسیب به اعتبار برند منجر می‌شوند. کارخانه‌های دارای سیاست‌های شفاف حقوقی، بهره‌وری بالاتر و هزینه‌های جذب کمتر را تجربه می‌کنند. بنابراین، حقوق منصفانه هم پاسداری از حقوق کارگران و هم ابزاری استراتژیک برای پیشرفت همزمان صنعت و جامعه است.

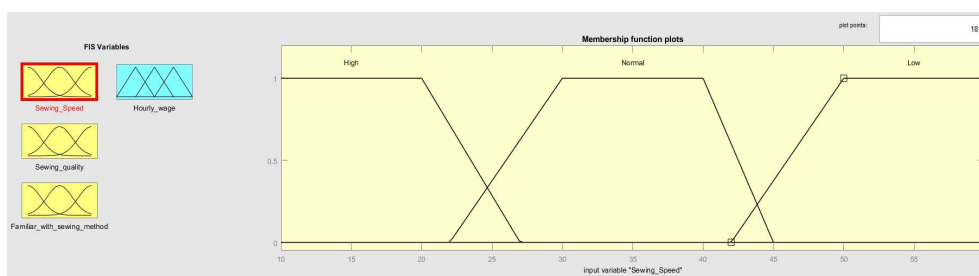
این پژوهش به تعیین حقوق ساعتی چرخکاران در کارخانه تولید لباس کار بر اساس سه معیار اصلی سرعت دوخت (زمان دوخت یک شلوار ساده)، کیفیت دوخت (بر اساس یکنواختی و استانداردهای صنعتی) و آشنایی با روش دوخت (میزان تسلط و نیاز به آموزش چرخکار) می‌پردازد.

گام نخست در طراحی سیستم فازی، تعیین متغیرهای ورودی و خروجی است. در این پژوهش، سه معیار اصلی سرعت دوخت، کیفیت دوخت و آشنایی با روش دوخت به عنوان متغیرهای ورودی و حقوق ساعتی چرخکاران به عنوان متغیر خروجی در نظر گرفته شد. در گام دوم مجموعه‌های فازی باید تعریف شوند، که این امر مستلزم تعیین دامنه تغییرات هر یک از متغیرهاست. برای این منظور، وضعیت هر متغیر ورودی در سه سطح کم، متوسط و زیاد دسته‌بندی شد. محدوده هر یک از این سطوح با استفاده از دانش افراد خبره (در این پژوهش مدیر تولید) تعیین گردید. همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، سیستم استنتاج فازی از نوع ممدانی انتخاب شد.

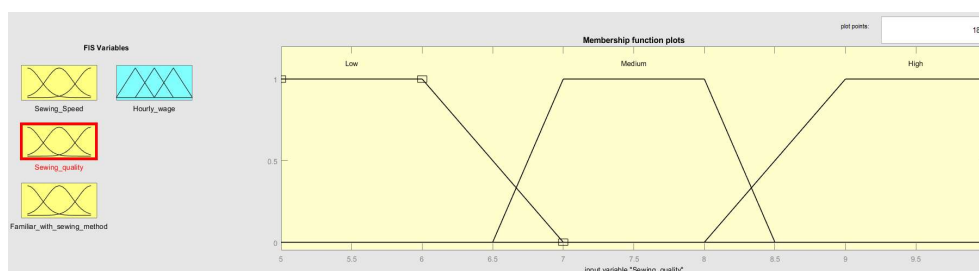
جدول ۱. مشخصات سیستم طراحی شده فازی

And method	min
Or method	max
Implication	min
Aggregation	max
Defuzzification	centroid

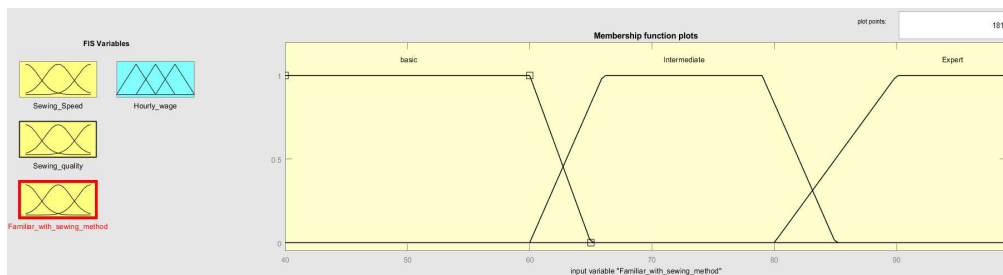
در شکل ۱ تا ۴ به ترتیب سه متغیر ورودی و یک متغیر خروجی با دامنه نوسان تعیین شده که منطبق بر دانش مدیر تولید است، نشان داده شده است.



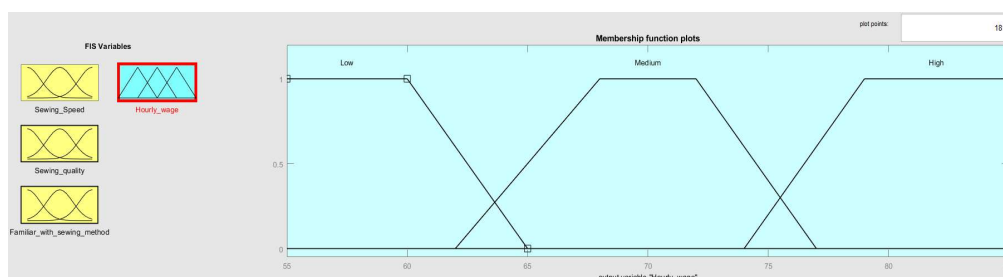
شکل ۱. نمودار فازی متغیر ورودی سرعت دوخت



شکل ۲. نمودار فازی متغیر ورودی کیفیت دوخت



شکل ۳. نمودار فازی متغیر ورودی آشنایی با روش دوخت



شکل ۴. نمودار فازی متغیر خروجی حقوق ساعتی

در گام سوم، مجموعه‌ای از قوانین فازی با استفاده از دانش افراد خبره تعیین می‌شود. در این پژوهش از طریق مصاحبه با مدیر تولید، که ارزیابی عملکرد چرخکارها را بر عهده دارد، قوانین مربوطه تعیین شد. لازم به ذکر است که سیستم فازی این مدل مبتنی بر دانش تخصصی و تجربیات فرد خبره طراحی شد، نه بر اساس داده‌های تاریخی یا مجموعه داده‌های آموزشی. در شکل ۵ نمونه‌ای از پاسخ سیستم فازی ارائه شده است.



شکل ۵. یک نمونه از تست قوانین

نتایج حاصل از مقایسه حقوق پیش بینی شده سیستم فازی با حقوق تعیین شده توسط مدیر تولید و محاسبه خطای سیستم فازی به روش میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) فرمول ۱ محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده است.

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (1)$$

مقدار واقعی حقوق تعیین شده توسط مدیریت تولید: y_i ؛ مقدار پیش بینی شده حقوق توسط مدل فازی: $\hat{y}_i$ ؛ تعداد نمونه های داده: n

جدول ۲. مقایسه حقوق ساعتی حاصل از پیش بینی سیستم فازی و تعیین شده توسط مدیر تولید به همراه درصد خطای مطلق

شماره تست	سرعت دوخت یک شلوار ساده (دقیقه)	کیفیت دوخت	درصد آشنایی با روش دوخت	حقوق ساعتی تعیین شده توسط مدیر تولید (هزار تومان)	حقوق ساعتی پیش بینی شده توسط سیستم (هزار تومان)	درصد خطای مطلق
۱	۶۰	۱۰	۹۹	۶۰	۵۹	٪۱.۷
۲	۳۵	۷	۴۰	۶۵	۷۰	٪۷.۷
۳	۶۰	۶	۸۵	۶۰	۵۹	٪۱.۷
۴	۱۰	۱۰	۹۹	۸۵	۸۲	٪۳.۵
۵	۲۳	۷	۷۰	۷۵	۸۰	٪۶.۷
۶	۶۰	۵	۵۰	۵۸	۵۸	٪۰
۷	۱۸	۱۰	۷۵	۷۸	۸۱	٪۳
۸	۴۴	۷	۴۰	۶۵	۷۰	٪۷.۱
۹	۵۶	۵	۴۰	۵۶	۵۹	٪۵.۱
۱۰	۳۳	۸	۶۰	۷۰	۷۰	٪۰
میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)						٪۳.۷

۳- نتیجه گیری

در این مقاله طراحی یک سیستم خبره مبتنی بر منطق فازی برای تعیین حقوق ساعتی چرخکاران در صنعت نساجی، نشان داد که ادغام معیارهای عملکردی عینی (سرعت دوخت، کیفیت دوخت و آشنایی با روش دوخت) با منطق فازی، می تواند جایگزینی دقیق و عادلانه برای روش های سنتی مبتنی بر قضاوت ذهنی باشد. نتایج حاصل از استنتاج مدل فازی از نوع ممدانی با دقت ۹۶.۳٪، اثربخشی آن در کاهش وابستگی به تصمیمات فردی، افزایش سرعت محاسبات و ایجاد شفافیت در پرداخت ها را تأیید می کند. این سیستم نه تنها بهره وری نیروی کار را بهبود می بخشد، بلکه به عنوان یک ابزار پایدار و در دسترس، راهکاری علمی-عملی برای چالش های مدیریت حقوق در صنایع کارگر محور فراهم می آورد.

مراجع

- [1] I. Morsi, Y. Elsherief and A. E. Zawawi, "A Security System and Employees Performance Evaluation Using RFID Sensors and Fuzzy Logic," 2009 Computation World: Future Computing, Service Computation, Cognitive, Adaptive, Content, Patterns, Athens, Greece, 2009, pp. 597-602.
- [2] Sushri Samita Rout, Bijan Bihari Misra, Sasmita Samanta, Competency mapping with Sugeno fuzzy inference system for variable pay determination: A case study, Ain Shams Engineering Journal, Volume 9, Issue 4, 2018, Pages 2215-2226.
- [3] Stoppa, M. H., & José dos Reis, V. (2022). Application of the fuzzy logic in the employees' wage quantification process. Revista Cereus, 14(1), 319-334.
- [4] Perdana, G. I., & Utama, D. N. (2023). The Multistage Fuzzy Logic-Based Decision Support Model to Determine the Salary of New Employees. Journal of Computer Science, 19(7), 812-824.
- [5] Fakharudin, P. R. A. F., & Avianto, D. (2024). Fuzzy Mamdani for Equality of Employee Salary. Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi, 13(1), 305-314.