فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
سال هجدهم/ شماره ۶۵ / پاییز ۱۴۰۲

طراحی مدل هوشمند بهینه سازی نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در تعامل با تولید در صنعت نساجی و پوشاک با بهره برداری از متدولوژی شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی

سید شهرام فاطمی
دانشجوی مقطع دکتری تخصصی مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
مهرداد جوادی (نویسنده مسؤول)
گروه مهندسی مکانیک، عضو هیئت علمی واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
Email: mjavadi@azad.ac.ir
امیر عزیزی
گروه مهندسی صنایع، عضو هیئت علمی واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
سید اسماعیل نجفی
دانشیار، عضو هیئت علمی واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۱ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۷/۲۴

چکیده

در این تحقیق مدل هوشمند نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه بر اساس متدولوژی شبکه عصبی مصنوعی – منطق فازی به کمک محیط هوش مصنوعی نرم افزار متلب بر اساس ساختار مدل پنج لایه شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن ارائه شده ، روش تحقیق بر مبنای تفکر سیستمی است. پس از تعیین مهمترین عوامل تاثیر گذار بر نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه به کمک پرسش نامه و بر اساس دیتاست یک نمونه ۲۰۰۰ تایی از داده و گزارشات مدیر کل صنایع نساجی و پوشاک وزارت صمت طی سالهای ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱ (بصورت شش نیم سال) و اعتبار سنجی داده توسط متخصصان نگهداری و تعمیرات ۲۴۰ واحد صنعتی، مدل هوشمند طراحی گردید، که پس از اجرای مدل در کارخانجات نساجی بروجرد به عنوان محل اجرای طرح می‌توان ادعا نمود اگر (If) ؛ پنج عامل "فن‌آوری" دارای مقادیر ۰/۹۱۲۹ وضعیت خوب (کران بالای تابع عضویت خوب)، "کارکنان" دارای مقادیری ۰/۹۲۳۹؛ وضعیت خوب (کران بالای تابع عضویت خوب)، "محیط کار" دارای مقادیر ۰/۸۸۵۹؛ نسبتاً خوب (کران پایین تابع عضویت)،"کیفیت" دارای مقادیر ۰/۹۹۹۹؛ وضعیت کاملاً خوب (بالاترین تابع)، " استراتژی" دارای مقادیر ۰/۹۹۹۹؛ وضعیت خوب (کران بالا) در نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه باشند، آنگاه (Then) : وضعیت متغیر خروجی تحقیق یعنی "بهینه سازی عملکرد نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه (Y) در پنجمین سطح خود یعنی خیلی خوب برابر با ۰/۸۸۲ قرار خواهد داشت.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی، نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه، هوش مصنوعی.

۱-مقدمه

نگهداری و تعمیرات[1] به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش بودجه در صنایع تولیدی شده که بر اساس ادعای محققان حوزه نت دیدگاه نگهداری و تعمیرات از تمرکز شدید بر هزینه‌ها به سمت توانایی استراتژیک نگهداری و تعمیرات سازمانی هدایت شده است.استقرار چنین سیستمی در یک صنعت شامل اهداف همه جانبه و استراتژهای عالی سازمانی با در نظر گرفتن عواملی نظیر نیروی انسانی ، منابع ، فرهنگ محیطی ، ماشین آلات و تجهیزات، وکیفیت می باشد، که در این پژوهش سعی شده این عوامل مورد بررسی قرار گیرد. نگهداری و تعمیرات به نگهداری و تعمیرات اصلاحی[2] (CM) و نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه[3] (PM)دسته‌بندی می شود. نگهداری و تعمیرات اصلاحی شامل تعمیر یا تعویض اجزایی است که خراب یا شکسته شده‌اند (Albrecht, Kleine & Abele, 2014).

نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه یک نوع از اقدامات نگهداری با برنامه است که هدف آن پیش‌گیری از خراب شدن سیستم می‌باشد(Mishra & Mohanty, 2016). اخیراً، نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در بسیاری از حوزه‌های کاربردی که در آنجا ایمنی، قابلیت اطمینان[4] و قابلیت دسترسی سیستم‌ها مورد توجه بوده بسیار موردپسند قرارگرفته وتوانسته اثربخشی، کارآیی و قابلیت دسترسی سیستم‌های تولید را افزایش دهد (Zarezadeh & Ashrafi, 2019). نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه می‌تواند بهره‌وری سیستم تولید را بهبود دهد که این هدف با بهره‌برداری یکپارچه برنامه‌ریزی تولید ، وبرنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه به صورت همزمان امکان پذیر می باشد. وجود یک سیستم هوشمند برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه توانسته با ارائه مطلوب ترین سرویس های تعمیراتی، و اتخاذ بهترین روش ها با حداکثر بازدهی باتوجه به کاهش هزینه را امکان پذیر سازد. افزایش سرمایه گذاری در صنایع ، محدودیت منابع و مواد اولیه باعث شده که هر چه بیشتر به نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه به عنوان یک هدف و مزیت رقابتی نزد صاحبان صنعت تبدیل شود.

بحث رقابت های صنعتی شدید در بازار های داخلی و جهانی باعث گردیده که توجه بیشتری به نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه در تعامل با تولید شود. یک ماشین ممکن است به موجب کارکرد خراب یا شکست[5] بخورد، که با تعمیر[6]، تعویض[7] و یا رفع عیب[8]، عیب[8]، مدت‌زمانی تجهیزات در دسترس نباشد و اختلالاتی در برنامه‌ریزی تولید ایجاد نماید. برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه در تعامل با تولید باعث شده که صاحبان صنایع برای حفظ تجهیزات در شرایط عملیاتی خوب و قابلیت اطمینان بالا به دنبال برنامه‌ریزی تولید در تعامل با نگهداری وتعمیرات پیش‌گیرانه در قالب تولید هوشمند باشند. اهمیت کارآیی[9] خط تولید به‌عنوان یک مزیت رقابتی باعث گردیده تا شرکت‌ها در بازار جهانی به دنبال راه‌هایی برای کارا کردن خط تولید خود به‌خصوص در هنگام تولید محصولات جدید باشند. اگرچه افزایش کارآیی و بهره‌وری خطوط تولید از طریق راه‌های پرهزینه‌ای چون جایگزینی ماشین آلات و تجهیزات با انواع جدید آن‌ها امکان‌پذیر است، اما تعویض کل تجهیزات خط تولید ازلحاظ اقتصادی همیشه مقرون به صرفه نیست. به همین دلیل شرکت‌ها در پی افزایش قابلیت اطمینان[10] خط تولید بوده، به‌طوری‌که بتوانند زمان تعمیر را به حداقل رسانده و سطوح قابلیت اطمینان را در فرآیند تولید کنترل کنند. یک راه مهم و کلیدی برای رسیدن به این هدف، تمرکز بر روی زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در تعامل با تولید است. سنجش بین هزینه‌های سرمایه‌گذاری شده و مزایای استراتژی سازمانی نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه به بیشترین نگرانی برای تصمیم‌گیرندگان تبدیل شده است

[1] Maintenance
[2] Corrective maintenance
[3] Preventive Maintenance
[4] Reliability
[5] Breakdown
[6] Repair
[7] Exchange
[8] Fix The Defect
[9] Performance
[10] Reliability

(Bangalore & Tjernberg, 2015). تحولات اخیر در افزایش اتوماسیون[11]، تجهیزات گران‌قیمت، سیستم‌های تولید پیچیده‌تر و افزایش سرمایه باعث خرابی‌های ناخواسته بیش تری شده است (Alsyouf, 2009).ضرورت شناسایی شیوه‌های مناسب و انجام استراتژی‌های صحیح برای توسعه عملکرد نگهداری و تعمیرات، به عنوان یک مزیت رقابتی برای تصمیم گیرندگان واحدهای کسب و کار تبدیل شده است. اندازه‌گیری واضح شکاف بین نظریه و عمل در ادبیات بهینه‌سازی نگهداری و تعمیرات که در گذشته تأکید بر بی‌اهمیت بودن آن بوده ، مورد توجه متخصصان قرار گرفته شده است (Aslam, 2013; Talbi & Alba, 2006).

الف) اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

امروزه ضمن اینکه تاثیر بهبود دهنده فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات بر تولید کاملا اثبات گردیده است .با مطالعه و بررسی پژوهش های پیشین و تجربیات واحدهای صنعتی این موضوع کاملا مشهود می باشد که در صورت به تعویق انداختن نگهداری و تعمیرات احتمال شکست ماشین آلات و تجهیزات افزایش می یابد، ولی از آنجا که به طور معمول پروسه اجرای نگهداری و تعمیرات زمان بر می باشد، به همین دلیل همواره اختلافاتی بین برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات و برنامه‌ریزی تولید وجود دارد.بااین‌حال، با توجه به نگرانی‌هایی که بعضی متخصصان نگهداری و تعمیرات نسبت به تمرکز سازمانی بر نحوه برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات مطرح می‌نمایند، ضرورت هر چه بیشتر از واکنش‌پذیر به پیش‌گیرانه نمودن اقدامات نگهداری و تعمیرات نمایان می شود(Droguett, Jacinto, Garcia & Moura, 2006) نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه ، یکی از تکنیک‌های نوین نگهداری و تعمیرات است که در طی سال‌های اخیر به‌طور گسترده در صنایع مختلف و نیروگاه‌های بادی، گازی، بخار و سیکل ترکیبی صنعت نفت و گاز موردبهره‌برداری قرارگرفته است (Rahimi & Nikbakht, 2018).یک برنامه مؤثر نگهداری و تعمیرات، فرآیندی است که دوره‌های مختلف تنظیم و جایگزینی قطعات ماشین‌آلات را پیش‌بینی می‌نماید. تعویض مواد مصرفی موتور نظیر، سوخت و روغن، بستگی به زمینه کاربرد آنها دارد.تعویض دستگاه‌های فرسوده نیز وابسته به حیطه کاربری آنها می‌باشد، ولی تنظیم تناوب‌های زمانی واحد برای تعویض، به عنوان یک شاخص و فاکتور بهبود دهنده ای در ارتباط با فراهم آوردن امکان مدیریت زمان و توقف دستگاه در نظر گرفته می شود و تنظیم دوره‌های مختلف تنظیم و جایگزینی قطعات ماشین‌آلات را نیز پیش‌بینی می‌نماید (Azimian, Karbasian & Atashgar, 2021; Chien, 2019).

با توجه به موارد مذکور، منافع روش های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را می توان شامل موارد زیر دانست :الف. افزایش در دسترس بودن تجهیزات ب. افزایش ایمنی کاری ج. کاهش زمان توقف پیش‌بینی نشده د. بهبود توزیع حجم کار، که بطور نسبی پروسه انجام مراحلی همچون انجام نگهداری و تعمیرات را آسان تر می‌نماید (Zovashekani et al., 2015). در واقع توجه به مواردی همچون هزینه تعویض تجهیزات (و همچنین قطعات یدکی آنها)، نیاز به تعمیر تجهیزات و هزینه های بالای آن، آسان نبودن پروسه تهیه و همچنین افزایش زمان دسترسی، کاهش میزان و نرخ خرابی، و کاهش زمان توقف و شکست از اهم مواردی هستند که فعالیت های تعمیر ونگهداری پیشگیرانه را به یک پروسه ضروری و حتی به عنوان فاکتوری رقابتی در بین صنایع تبدیل نموده است(Kuboki & Takata, 2019). در مقابل عدم مدیریت صحیح فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، خود سبب تحمیل هزینه‌های قابل توجه به بنگاه‌های اقتصادی خواهد شد (Amiri & Honarvar, 2018). در بیشتر سازمان‌ها داده‌ها به‌طور پراکنده و در ساختار و فرمت‌های متنوعی نگهداری می‌گردند. پلت‌فرم تحلیل داده، امکانات متنوعی جهت خواندن داده از انواع فایل‌های متداول در ساختار سازمانی را فراهم آورده وبا اتصال داده ها به پایگاه‌های دادهای متمرکز در سازمان امکان دسترسی تحلیل‌گران به‌تمامی منابع متنوع داده ای را فراهم نموده است، که این پلت فرم ها همچنین در تداخلات ممکن بین برنامه ریزی های مربوط به نگه داری و تعمیرات با برنامه ریزی های تولید نیز موثر و کاهش دهنده تولید و به تبع آن موثر در کاهش مواردی همچون هزینه نگهداری و تعمیرات و تولید نیز می باشند (Garcia, Sanz-Bobi & Del Pico, 2006).

[11] Automation

ب) هدف تحقیق: هدف کلی این تحقیق، طراحی مدل پویای هوشمند نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه با بهره‌برداری ازمتدولوژی سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه در تعامل با تولید در صنعت نساجی و پوشاک می باشد.

ج) سؤال تحقیق: چگونه می‌توان یک مدل بهینه سازی شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی و مقایسه استراتژی‌های توسعه نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه طراحی کرد به صورت هم‌زمان، عملیات نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در ارتباط با عملیات تولید را مورد توجه قرار دهد؟

۲- روش شناسی پژوهش

در جدول زیر پیشینه تحقیق داخلی و خارجی پژوهش انجام گرفته شده در قالب جدول زیر ارائه شده است.

جدول شماره (۲): آخرین پیشینه تحقیق داخلی

نام نویسنده	سال	موضوع تحقیق	نتایج تحقیق
اسحقی	۱۴۰۲	توسعه سیستم مدیریت نگهداری بهینه در سیستم ها ی مدیریت خدمات و نگهداری با استفاده از رویکرد ترکیبی الکتره فازی و ویکور به عملکرد و مشارکت کامل کارکنان که در صنعت تولید می تواند بهره وری و سودآوری آن صنعت خاص را افزا یش دهد	نتیجه این پژوهش نشان داد که سختی فرآیندکار، عدم تخصص نیروی انسانی و سطح پایین کیفیت همکاری تیمی از مهمترین عوامل خطای انسانی است که در بین سایر عوامل به بیشترین توجه نیاز دارد
خنک دارطارسی و همکاران	۱۴۰۱	در مقاله پژوهشی خود با عنوان الگوی بهینه تعمیرات و نگهداری شبکه توزیع در حضور مقررات انگیزشی به دلیل پیچیدگی شبکه های توزیع چگونگی انجام تعمیرات پیش گیرانه به عنوان یک عامل بسیار ضروری پرداخته است	درنتیجه برنامه ریزی تعمیرات پیش گیرانه به تفکیک فیدرها برای سه دسته کلی خرابی پرتکرار یعنی خرابی پست، خرابی خطوط و برخورد شاخه درختان در یک دوره پنج ساله انجام شده است .نتایج بهینه سازی نشان میدهد که روش ارائه شده همزمان با بیشینه نمودن سود شرکتهای توزیع، عملکرد آنها از نظر قابلیت اطمینان را نیز ارتقا میدهد.
شایگان نیک و همکاران	۱۴۰۰	در پژوهش خود به وجود متغیرها و زیرسیستم های متعدد، پیچیدگیهای مدلسازی نگهداری و تعمیرات ایمنی محور را در سیستم های بزرگ ازجمله نیروگاه هاکه افزایش می یابد پرداخته است	نتایج سناریوی یک نشان داد افزایش نرخ آموزش سبب کاهش نرخ خرابی و افزایش نرخ از کارانداختن تجهیزات تا ششمین سال و همچنین کاهش نرخ و هزینهٔ حوادث و افزایش ایمنی تا پنجمین سال شد و آموزش بعد از این سالها دیگر اثرگذار نبوده، فقط هزینهٔ آموزش سبب افزایش هزینه های جاری گردید .نتایج سناریوی دو بیانگر آن است که افزودن هشت تجهیز جدید در سال هفتم سبب بهبود مدل تا ۱۵ سال بعد میشود و مقدار سود از سال دوم تا سال پانزدهم بیشتر از سناریوی یک و سه است .ترکیب سناریوهای یک و دو، سناریوی بهینه، موجب میگردد مقدار ایمنی بیشتر، نرخ خرابی از سال ششم به بعد کمتر، نرخ و هزینهٔ حوادث و هزینهٔ جاری از سال پنجم به بعد کمتر شود.

جدول شماره (۳) : آخرین پیشینه تحقیق خارجی

نام نویسنده	سال	موضوع تحقیق	نتایج تحقیق
وای چن و همکارانش	۲۰۲۳	به مساله زمان‌بندی تولید و برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات به عنوان دو مورد از مهم‌ترین وظایف کارگاه‌های تولید مدرن پرداخته	در نهایت در این مقاله اثربخشی و برتری تنظیم پارامترها، قوانین مرتب‌سازی و شاخص های اپراتورهای بهبود یافته و عملکرد کلی الگوریتم پیشنهادی با تحلیل داخلی الگوریتم تأیید می‌شوند که در نهایت نتایج و مقایسه‌ها نشان می‌دهند که الگوریتم پیشنهادی و استراتژی پذیرش سفارش در اکثر پارامترها از استحکام خوبی برخوردار هستند.
وی و	۲۰۲۳	پژوهشی با موضوع تمرکز بر روی یک سیستم	همچنین نشان داده شده است که انتخاب اقدامات نگهداری پیشگیرانه باید

همکارانش		تولید جریان پیوسته با دو ماشین را که تحت مراقبت پیشگیرانه مبتنی بر شرایط قرار دارند و توسط یک بافر میانی با ظرفیت محدود از هم جدا شده اندمورد بررسی قرار داده است	از دیدگاه کل سیستم در نظر گرفته شود و نه این که به راه حل بهینه ماشین‌های جداگانه در سطوح مختلف شکست ماشین آلات بالادست و پایین دست منتهی گردد
ان دیوی و همکارانش	۲۰۲۲	به نقش سیستم های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در زمینه ارزیابی ایمنی سیستم اشاره داشته و آنرا تکنیکی با هدف شناسایی خطرات ،تجزیه و تحلیل و نشان دادن انطباق با الزامات ایمنی معرفی نموده اند	سه سناریو هزینه تعمیر و نگهداری مختلف برای سیاست‌های نگهداری مختلف تحلیل می‌شوند و در نهایت با در نظر گرفتن محدودیت های هزینه و نگهداری، قطعات به طور بهینه برای نگهداری پیشگیرانه انتخاب می شوند و در نهایت کاربرد آن ضمن به کارگیری در واحد صنعتی تولیدی سیستم هیدرولیک هواپیما و برای نشان دادن استفاده می شود.
وانگ و همکاران	۲۰۲۰	تحقیقی در زمینه ارائه مدل تجاری سیستم محصول و خدمات در سیستم نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه	نتایج تحقیق نشاندهنده پتانسیل و ارزش افزوده بالای مدل بوده که با ارائه خدمات مدیریت فنآورانه تجهیزات می تواند چالش پیاده سازی مدل را در صنعت۴/۰ برطرف نماید.

بر اساس پیشنه تحقیق و الهام از تحقیقات متخصصان زیر ، چهارچوب نظری پژوهش تدوین و متغییرهای تاثیر گذار بر نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه در تعامل با تولید در قالب شکل زیر ارائه گردید.

جدول شماره (۴) : چارچوب نظری تحقیق

با الهام از تحقیقات زیر:				
Linnéusson et al. 2018	Chemweno et al. 2009	Ozcan & Simsir. 2019	Alabdulkari et al. 2013	Laks & Verhagen, 2018
Woodhouse, 2015	Conrads et al. 2020	Seiti,et al.2021	Kang & Subramaniam, 2018	Alrabghi et al. 2017
Alsyouf, 2009	Mishra et al. 2019	Alrabghi & Tiwari, 2015	Farooqi et al. 2018	Shaksi Zare, 2017
عامل فنآوری در نت، عامل کارکنان در نت، عامل محیط کار در نت، عامل کیفیت در نت، عامل استراتژی در نت				
حداکثرسازی ارزش یکپارچه نگهداری و تعمیرات بر اساس دامنه استراتژیک یادگیری سازمانی: ۱–دامنه پیشگیرانه)رشته سازمانی(با هدف حداکثرسازی در دسترس بودن تجهیزات؛ ۲–دامنه برنامه ریزی شده)پیش کار طرح(باهدف برنامه ریزی و پیش بینی قبل از خرابی تجهیزات؛ ۳–دامنه واکنشی)پاسخ به وقایع(باهدف رفع عیب پس از خرابی تجهیزات؛				اجزای سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه: ۱–سنسورهای تجهیزات پایش وضعیت سلامت تجهیزات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (سنجش میزان اثربخشی نگهداری و تعمیرات) ۲–بهینه سازی استراتژی نت؛ تعیین عمر مفید باقیمانده تجهیزات ۳–سابقه نگهداری و تعمیرات: تشخیص موارد غیر عادی– تحلیل ریسک ۴–سوابق بازرسیهای فنی: تشخیص عیوب پیشرفته – مدیریت زنجیره تامین
سیستم های تحلیل داده های نگهداری و تعمیرات: ۱–تحلیل مدیریتی در نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ۲–تحلیل تصمیم گیری در نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ۳–تحلیل آماری در نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه				گام های بهبود سرویس دهی انبار و قطعات یدکی و بهینه سازی: ۱–مدیریت قطعات کم مصرف(غیرفعال) و پرمصرف (فعال)در انبارهای انتخاب شده ۲–بهینه سازی نقطه سفارش و میزان سفارش در اقلام پرمصرف برحسب احتمال خرابی ۳–بهینه سازی میزان موجودی اطمینان در اقلام کم مصرف (غیرفعال یا راکد) برحسب احتمال خرابی
داده های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه: ۱–وضعیت درلحظه تجهیزات: عملکرداین قطعه درهمین لحظه چگونه است؟				عوامل مؤثر بر کاهش ضایعات در نگهداری و تعمیرات: ۱–تشخیص هوشمند عیوب و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

۲-دادههای سوابق تجهیزات: عملکرداین قطعه درگذشته چگونه بوده است؟ ۳-دادههای تجهیزات مشابه: عملکردتجهیزات مشابه چگونه است؟ ۴-سوابق نگهداری وتعمیرات: چه زمانی این قطعه تعویض ویاتعمیرشده است؟ ۵-برنامه نگهداری وتعمیرات: تولیدکننده چه برنامه تعمیراتی راپیشنهاد میدهد؟ ۶-لاگهای بازرسی: بازرسان فنی چه مشاهداتی درحین بازرسی داشته اند؟ ۷-لاگهای خدمت رسانی: مهندسان وتکنسینها چه مواردی راهنگام کارآموخته اند؟	۲-ارزیابی میزان اثربخشی فعالیتهای نگهداری و تعمیرات با بهره برداری از شاخصهای سلامت تجهیزات ۳-طراحی مدل محاسباتی پیش بینی عمر مفید باقیمانده تجهیزات ۴-تحلیل علل ریشهای عیوب پیشرفته ۵-سنجش عملکرد تجهیزات ۶-محاسبه احتمال خرابی و قابلیت اطمینان

در قالب جدول زیر پیشینه وخلا های تجربی محققان که در حوزه نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه تحقیقات انجام داده اند ارائه شده است.

جدول شماره (۵): چارچوب نظری تحقیق

عنوان مقاله	نام محقق، سال انتشار مقاله، نشریه چاپ مقاله	تحقیق صورت گرفته شده	خلأ تحقیق
به سوی توسعه استراتژیک نگهداری و تعمیرات و تأثیر آن بر عملکرد تولید با بهره برداری از پویایی سیستم در صنعت خودرو	Linnéusson, 2018	بررسی ادبیات، شرح جدید بودن شبیه سازی پویا و پتانسیل این مدل در نگهداری و تعمیرات، آزمایشها شبیه سازی ارائه شده	وجود و توسعه یک مداخله گر به عنوان مدیر نگهداری تعمیرات که مسئولیت انجام مجموعهای از سیاستهای دستیابی به عملکرد بهتر نگهداری را ارائه دهد گزارش نشده است
تجزیه وتحلیل عملکرد یک مدل کمی نگهداری و تعمیرات پویای مفهومی با بهره برداری از بهینه سازی چندهدفه	Linnéusson & Aslam, 2018	بررسی ادبیات بهینه سازی چندهدفه بهره برداری را تقویت مینماید و احتمالاً اولین مقاله در زمینه بکارگیری بهینه سازی چندهدفه بر اساس شبیه سازی پویا است.	مدل شبیه سازی پویا به اندازه کافی معتبر نبود تا خروجی کافی برای ارزیابی مدل بهینه سازی چندهدفه بر اساس شبیه سازی پویا ایجاد نماید به همین منظور بهینه سازی چندهدفه بر اساس شبیه سازی پویا جهت اکتشاف مدل شبیه سازی پویا پیشنهاد میگرد
توجیه رفتار سیستم مدیریت نگهداری: یک رویکرد چندمنظوره به کمک بهینه سازی چندهدفه	Linnéusson & Aslam, 2017	در این مقاله به تشریح بازگشت مجدد به مدل شبیه سازی پویا که به تنهایی جهت ارائه یک رویکرد رفتاری سیستم نگهداری و تعمیرات کافی نیست بلکه زیرا بهینه سازی چندهدفه سهم زیادی در بررسی رفتار سیستم ارائه می دهد پرداخته است	بهره برداری از بهینه سازی چندهدفه بر اساس شبیه سازی پویا جایگزین شبیه سازی پویا نیست بلکه بایستی در راستای تکمیل و هر چه کاربردی تر کردن شبیه سازی پویا در سیستم نگهداری و تعمیرات مورد توجه قرار گرفته شود
قابلیت کاربرد و سهم بهینه سازی چندهدفه در کارآیی عملکرد شبیه سازی پویا	Linnéusson & Aslam, 2018	بر پویایی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و واکنشی و شرح مختصری از پیامدهای هزینه مربوطه تمرکز دارد و اینکه چگونه به طور جزیی انتقال چندین بازخورد همزمان بین پارامترها را برای مجموعهای در شرایط زمانی باید تغییر داد، یا منابع اضافه نمود تا بهبود مستمر ایجاد شود	تعادل زمانی کارآمدتر زمانی حاصل میگردد که نتایج حاصل از بهینه سازی چندهدفه بر اساس شبیه سازی پویا نشان داده شده باشد و اینکه چگونه حالات مختلف زمانی بایستی مشارکت داده شوند تا رفتار نگهداری بیشتر و یا کمتر را ایجاد کنند که در این مقاله توضیحی داده نشده است

یک چهارچوب ترکیبی بهینه سازی چندهدفه مبتنی برشبیه سازی پویادرجهت حمایت ازنگهداری استراتژیک	Linnéusson & Aslam, 2020	یک مدل ترکیب شبیه سازی بر اساس بهینه سازی ارائه شده است	نبود دانش یادگیری و یادگیری سازمانی،و بهره برداری از نتایج داده کاوی در جهت نوآوری در مدل پیشنهادی، عدم کاربردی بودن این مدل در تمامی صنایع است
ادغام فعالیتهای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه با مسئله برنامه ریزی فروشگاه بدون انتظار با هدف تنظیم توالی وابسته و به حداقل رساندن طول عمر اقدام	Miyata, Nagano & Gupta, 2019	در حقیقت، در این مقاله، عملیات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه(PM) براساس مفهوم سطح نگهداری انعطاف پذیر و متنوع (ML) تدوین گردید. نتایج محاسباتی نشان میدهد که در مقایسه با روشهای دیگر برای برنامه ریزی عملیات، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) با توالی مشاغل، نتایج بهتری را در کلیه مسائل با اندازه های بزرگ، ارائه مینماید	نیاز به عملیات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) به عنوان محدودیتی برای مسئله فروشگاه جریان بدون انتظار-m ماشین با زمان تنظیم توالی وابسته در تعامل با مشکل برنامه ریزی به منظور به حداقل رساندن در نظر گرفته نشده است.
انتخاب روش بازرسی بهینه برای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	Kuboki & Takata, 2019	در این مقاله، ما یک روش سیستماتیک برای تعیین ترکیب بهینه روشهای بازرسی برای به حداقل رساندن مجموع هزینه های بازرسی و خسارات ناشی از عدم موفقیت تجهیزات پیشنهاد شده، روش پیشنهادی برای نشان دادن اثربخشی آن در تجهیزات در یک مرکز توزیع بهره برداری شد.	باتوجه به نیاز به پیشرفتهای فنآورانه، زندگی ما به طور فزایندهای به امکانات مختلف وابسته شده است. تشخیص علائم خرابی با بهرهبرداری از دستگاههای بازرسی یا نظارت برای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای حفظ عملکرد دستگاهها، بسیار مهم است که در نظر گرفته نشده است

روش شناسی پژوهش حاضر مبتنی بر مشکل و تفسیر با بهرهبرداری از رویکرد تفکر سیستمی[12] است. تفکر سیستم یک بینش ،زبان،و روش برای شناخت بهتر ساختار و رفتار سیستم ها جهت یافتن نقاط موثر عمل، با توجه به پیامد تصمیمات است.برخلاف ادعاها تفکرسیستمی حلال تمام مشکلات بشری نیست، هرگاه دریابیم که یک سیستم چگونه عمل می کند به پیامد هر انتخاب خود بیشتر فکر خواهیم کرد. درمبانی تفکر سیستمی با توجه به اینکه ساختار و رفتار سیستم راهی برای نگریستن به عالم هستی است.سیستم وسیله ایی است برای کمک به ما تا به طور گزینشی بر آنچه در محیط تعامل است متمرکز شویم.

الف) شکل گیری تفکر سیستمی :رویکرد "تفکر توسعه گرایی" در برابر "رویکرد علمی (تقلیل گرایی)"

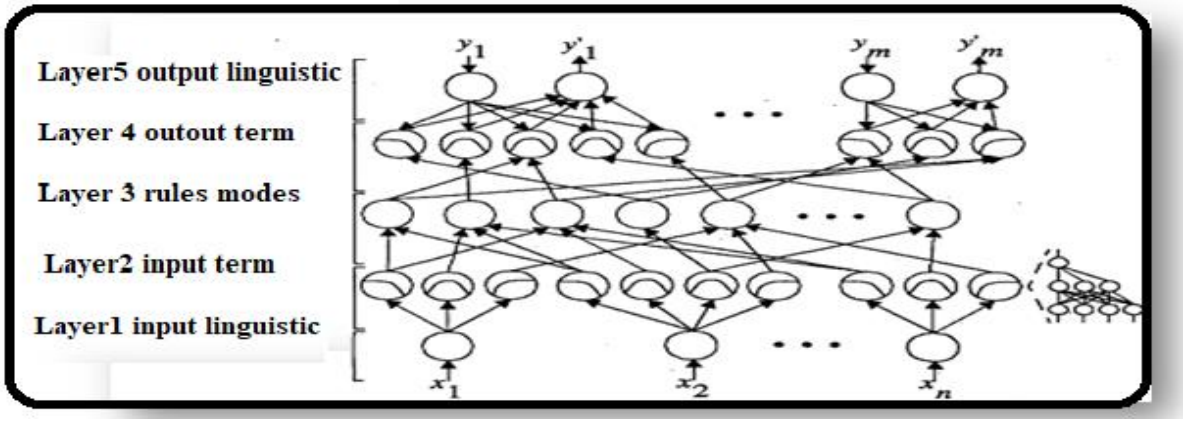
ب) رویکرد توسعه گرایی: به عنوان دکترینی که معتقداست همه اشیا، رخدادها، و تجربه های آنها جزیی از کل های بزرگتر هستند معرفی می شوند ومعتقدند که وجود کل غیر قابل تجزیه به اجزا هست (در مقابل تقلیل گرایی)چرا که با تجزیه این کل به اجزا آن، صفات کل از دست می رود. ب) رویکرد علمی(تقلیل گرایی) :مضمون این فرض است که اجزای یک کل ،زمانی که به صورت جداگانه مورد مطالعه قرار می گیرد مانند زمانی که بخشی از آن کل هستند رفتار می کنند و مشخصه اصلی آن تفکر تحلیلی است که هر چیز نیازمند تغیر را به اجزایش می شکند ،اگر چه این رویکرد برای بسیاری از پدیده های فیزیکی جهان، منطقی و قابل قبول به نظر می رسد اما کاربرد آن برای مسائل موجود در محیط اجتماعی بسیار دشوار است.

ج) تفکر سیستمی: "تفکر تحلیلی+تفکر ترکیبی". تفکر تحلیلی دانشی را فراهم میکند که موجب بهبود کارایی می گردد (پاسخی برای چگونگی how را ارائه می دهد) و تفکر ترکیب، شناخت و درک لازم برای بهبود اثر بخشی را فراهم می سازد (پاسخی برای چرایی why را ارائه می دهد).

د) روش گردآوری اطلاعات: بر اساس پرسش نامه(و بر اساس ۲۰۰۰ دیتاست به کمک مدیرکل نساجی و پوشاک وزارت صمت) و منابع کتابخانه ایی، واستفاده از نظرات کارشناسان وخبرگان نت صنعت نساجی و پوشاک(نظرات ۲۴۰ متخصص نت واحد صنعتی) صورت گرفته شده است.

[12] System thinking

ه) تحلیل داده ها: براساس متدلوژی شبکه‌عصبی مصنوعی فازی مدل پویای هوشمند با بهره‌برداری ازمتدلوژی سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه در محیط برنامه‌نویسی متلب به کار گرفته شده که در ادامه، اساس ساختار مدل پنج لایه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن[۱۳] ارائه می گردد.



نمودار شماره (۱) : ساختار مدل پنج لایه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن

لایه اول مدل پنج لایه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن: دربرگیرنده نودهای متغیرهای زبانی ورودی‌های مدل پویای هوشمند است. موتور استنتاج عصبی–فازی، ورودی‌ها را با یک سری اعمال به خروجی تبدیل می‌نماید و از برخی از عملگرهای عصبی– فازی ذیل بهره‌برداری می‌نماید (Lin & Lee, 1996). لایه دوم مدل پنج لایه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن: دربرگیرنده واژه‌های متغیرهای ورودی مدل پویای هوشمند است و (Bangalore & Tjernberg, 2015). لایه سوم از مدل پنج لایه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن دربرگیرنده قواعد فازی مدل پویای هوشمند است. پایگاه قواعد هوشمند ، مجموعه‌ای از قواعد اگر– آنگاه است که قلب یک مدل پویای هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی محسوب می‌گردد زیرا سایر اجزا مدل پویای هوشمند مبتنی بر PM –ANN برای پیاده‌سازی این قواعد به شکل مؤثر و کارا بهره‌برداری می شوند.یک فازی‌ساز در ورودی سیستم قرار دارد که مقدار عددی متغیرها را به یک مجموعه عصبی–فازی تبدیل می‌نماید. لایه چهارم از مدل پنج لایه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن دربرگیرنده واژه‌های متغیر خروجی مدل پویای هوشمند است. در واقع، و مؤلفه خروجی مدل پویای هوشمند مبتنی بر PM -ANN تحقیق، وضعیت "عامل استراتژی در نت در صنایع نساجی و پوشاک" است. لایه پنجم از مدل پنج لایه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن دربرگیرنده نودهای متغیرهای زبانی خروجی مدل پویای هوشمند است. فازی‌ساز، خروجی عصبی–فازی را تبدیل به یک عدد قطعی می‌نماید.در حقیقت، مؤلفه ورودی اول: وضعیت "عامل کارکنان در نت"؛ مؤلفه ورودی دوم: "عامل فنآوری در نت"؛ مؤلفه ورودی سوم: "عامل استراتژی در نت"؛ مؤلفه ورودی چهارم: وضعیت " عامل کیفیت در نت"؛ مؤلفه ورودی پنجم: "عامل محیط کار در نت"؛ است. در این تحقیق، بعد از بررسی ساختار سیستم‌های تحقیق) و مدل پنج لایه‌ای شبکه‌های عصبی مصنوعی فالکن ، در پایان مراحل پنج گانه‌ای برای ارائه مدل پویای هوشمند در نظر گرفته شد که عبارتند از:

۱)مدل‌سازی پویای مفاهیم حوزه نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه جهت شناسایی متغیرهای ورودی و خروجی و ترسیم روابط بین آنها.

۲)تعریف متغیرهای کیفی با بهره‌برداری از داده‌های آموزشی شبکه‌های عصبی مصنوعی و قیدهای زبانی و تخصیص اعداد و مجموعه‌های عصبی–فازی و توابع عضویت به آنها.

۳)ارائه مدل پویای هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی براساس تعاریف و طراحی‌های صورت گرفته با بهره‌برداری از نرم‌افزار متلب: این مرحله شامل استخراج قواعد خبرگی و ارزیابی آن‌ها توسط خبرگان صنایع نساجی و پوشاک و ایجاد پایگاه قواعد هوشمند و همچنین طراحی موتور استنتاج دارای دسترسی به قواعد هوشمند، می‌باشد.

[13] Falcon

۴)طراحی رابط کاربر و نحوه نمایش گزینه‌ها و چگونگی بهره‌برداری از مدل پویای هوشمند مبتنی بر مدل مدل پویای هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی طراحی شده.

۵)انتخاب یک روش برای فازی زدایی جهت تبدیل اعداد و مجموعه‌های عصبی–فازی به مقدار قطعی جهت بررسی واقعی عملکرد سیستم.

نمودار شماره (۲): ساختار سیستم متدولوژی شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی (Seiti et al., 2019; Ozcan & Simsir, 2019)

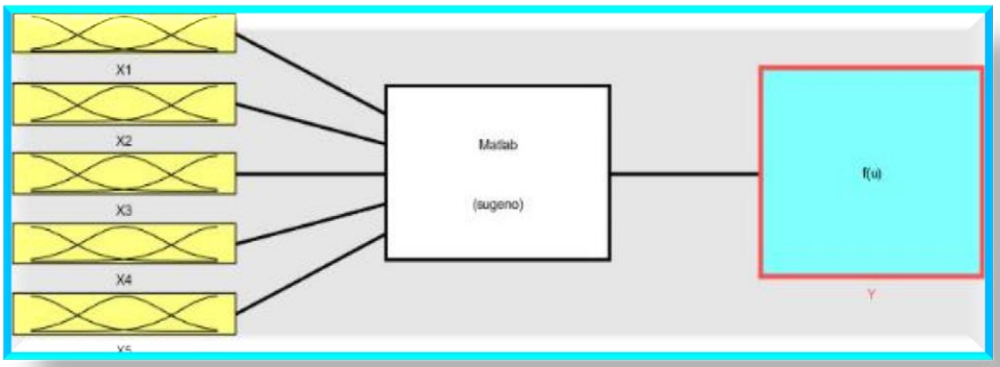
نمودار شماره (۲): ساختار سیستم متدولوژی شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی (Seiti et al., 2019; Ozcan & Simsir, 2019)

۳-نتایج و بحث

پس از جمع آوری اطلاعات و اجرای آن در نرم افزار متلب طراحی مدل هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه پیشنهاد گردید. همچنین می‌توان گفت که سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی؛ سیستمی است که اطلاعات ورودی آن می‌تواند به صورت نادقیق باشند؛ یعنی اطلاعات ورودی یک مدل پویای هوشمند به صورت مجموعه‌های فازی یا اعداد فازی هستند. از سوی دیگر پردازش‌های یک مدل پویای هوشمند می‌تواند به صورت نادقیق انجام شود. یکی از معروف‌ترین وکاربردی‌ترین پردازش‌های نادقیق در سیستم‌های هوش مصنوعی بهره‌برداری از پایگاه قوانین فازی است. هدف اصلی این تحقیق ارائه و توسعه‌ی یک فرآیند گام به گام مدل‌سازی کمی برای نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه می‌باشد. در پایگاه قوانین فازی هر قانون با ساختار "اگر–آنگاه" تعریف می‌گردد. با توجه به کاربرد مدل پویای هوشمند طراحی شده در این تحقیق؛ مراحل پنج گانه‌ای زیر برای طراحی مدل پویای هوشمند نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در نظر گرفته شد که عبارتند از:

مرحله اول: مدل‌سازی هوشمند جهت کشف و شناسایی متغیرهای ورودی و خروجی سیستم:

در این مرحله به دنبال بررسی و مقایسه ویژگی‌های متفاوت مدل‌های نامزد شده برای کامپونت‌های نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه درصنعت نساجی و پوشاک– کارخانجات نساجی بروجرد مشاهده خواهد شد که هوش مصنوعی به‌عنوان مدل مناسب برای این تحقیق برگزیده می‌گردد. که بعد از نهایی شدن مدل اولیه سیستم هوشمند تحقیق؛ اقدام به تعریف متغیرهای ورودی و خروجی سیستم هوشمند شد. متغیرهای ورودی سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی عبارتند از: " عامل کارکنان در نت (X1)؛ عامل فنآوری در نت (X2)؛ عامل استراتژی در نت (X3)؛عامل کیفیت در نت (X4)؛ عامل محیط کار در نت (X5)". متغیر خروجی سیستم مذکور عبارت است از: متغیر"نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در صنعت نساجی و پوشاک– مطالعه موردی کارخانجات نساجی بروجرد (Y)". با توجه با مدل اولیه تحقیق و نیز اعمال دیتاست و نظرات خبرگان جهت ارزیابی آن مدل؛ می‌توان متغیرهای ورودی و خروجی سیستم هوشمند را به شرح شکل ذیل نشان داد:



شکل شماره (۱): مدل متغیرهای ورودی سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی–نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه

مرحله دوم: تعریف متغیرهای کیفی با بهره‌برداری از قیدهای زبانی[۱۴] و تخصیص اعداد ومجموعه‌های فازی و توابع عضویت و انتخاب نوع جهش به آنها جدول و شکل متغیرهای زبانی، مقادیر فازی داده‌های آموزشی هوش مصنوعی،ونیز توابع عضویت وانتخاب نوع جهش اعداد مثلثی و ذوزنقه‌ای مرتبط با متغیرهای ورودی و خروجی سیستم هوشمند تحقیق را درون طیف‌های سه تایی برای متغیرهای ورودی و ۵ تایی برای متغیر خروجی؛ به نمایش گذاشته می شود:

جدول شماره (۶): متغیرهای زبانی مرتبط با متغیرهای ورودی سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه

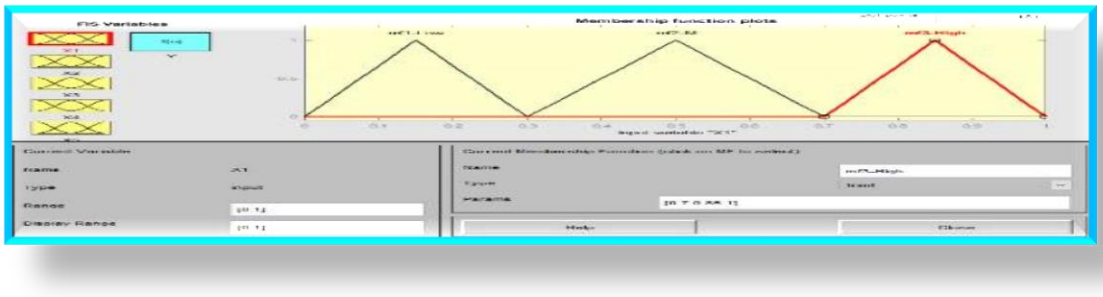
متغیر زبانی	معادل انگلیسی	توابع عضویت و انتخاب نوع جهش اعداد تصادفی		
کم	LOW	۰	۱۵	۳۰
متوسط(معمولی)	MEDIUM	۳۰	۵۰	۷۰
زیاد	HIGH	۷۰	۸۵	۱۰۰

[14] . Linguistic Constraints

داده های آموزش هوش مصنوعی سیستم PM.ANFIS

X1	X2	X3	X4	X5	Y
0	0	0	0	0	0
0 0.025	0 0.025	0 0.025	0 0.025	0 0.025	0.05
0.025 0.05	0.025 0.05	0.025 0.05	0.025 0.05	0.025 0.05	0.10
0.050 0.075	0.050 0.075	0.050 0.075	0.050 0.075	0.050 0.075	0.15
0.075 0.10	0.075 0.10	0.075 0.10	0.075 0.10	0.075 0.10	0.20
0.10 0.15	0.10 0.15	0.10 0.15	0.10 0.15	0.10 0.15	0.25
0.15 0.25	0.15 0.25	0.15 0.25	0.15 0.25	0.15 0.25	0.30
0.25 0.30	0.25 0.30	0.25 0.30	0.25 0.30	0.25 0.30	0.35
0.30 0.35	0.30 0.35	0.30 0.35	0.30 0.35	0.30 0.35	0.40
0.35 0.40	0.35 0.40	0.35 0.40	0.35 0.40	0.35 0.40	0.45
0.40 0.45	0.40 0.45	0.40 0.45	0.40 0.45	0.40 0.45	0.50
0.45 0.50	0.45 0.50	0.45 0.50	0.45 0.50	0.45 0.50	0.55
0.50 0.55	0.50 0.55	0.50 0.55	0.50 0.55	0.50 0.55	0.60
0.55 0.60	0.55 0.60	0.55 0.60	0.55 0.60	0.55 0.60	0.65
0.60 0.65	0.60 0.65	0.60 0.65	0.60 0.65	0.60 0.65	0.70
0.65 0.70	0.65 0.70	0.65 0.70	0.65 0.70	0.65 0.70	0.75
0.70 0.75	0.70 0.75	0.70 0.75	0.70 0.75	0.70 0.75	0.80
0.75 0.80	0.75 0.80	0.75 0.80	0.75 0.80	0.75 0.80	0.85
0.80 0.85	0.80 0.85	0.80 0.85	0.80 0.85	0.80 0.85	0.90
0.85 0.90	0.85 0.90	0.85 0.90	0.85 0.90	0.85 0.90	0.925
0.90 0.95	0.90 0.95	0.90 0.95	0.90 0.95	0.90 0.95	0.950
0.95 1	0.95 1	0.95 1	0.95 1	0.95 1	0.975
1	1	1	1	1	1

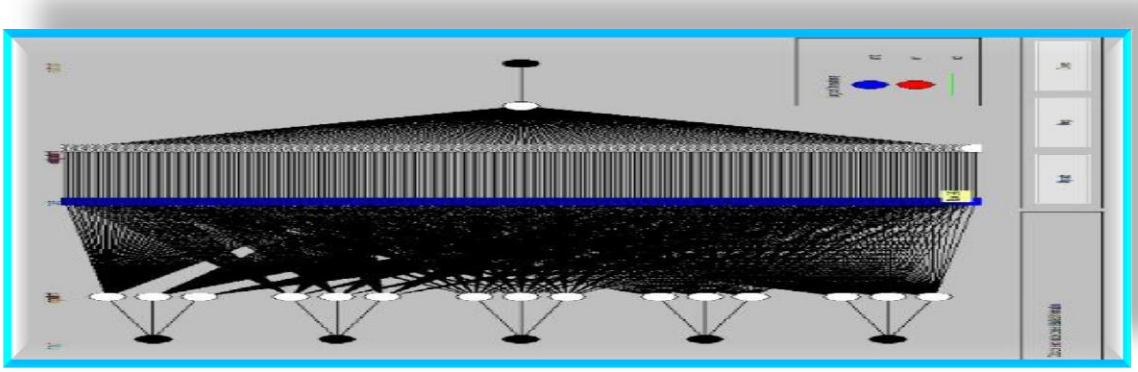
جدول شماره (۷): داده های آموزشی هوش مصنوعی سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی



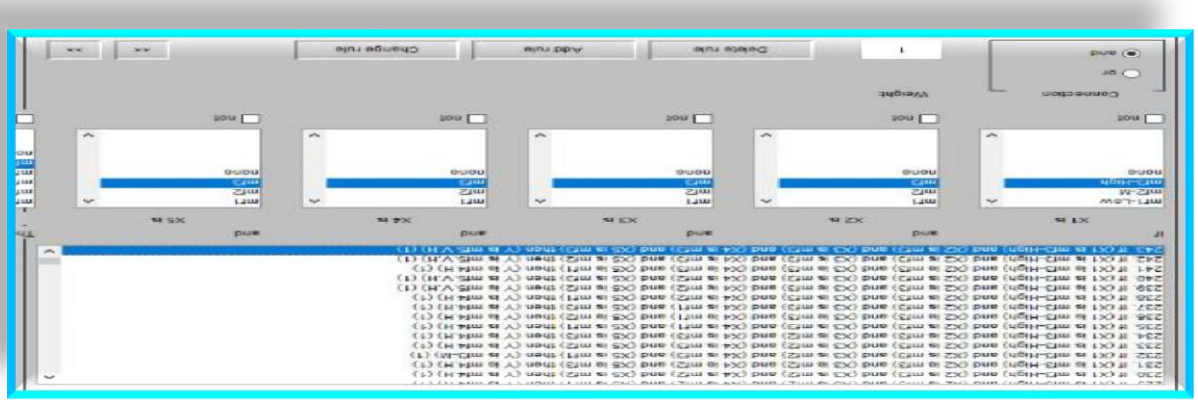
شکل شماره (۲): افرازبندی و انتخاب نوع جهش متغیر ورودی هوش مصنوعی–مقادیر فازی مرتبط با متغیرهای زبانی
(توابع عضویت و انتخاب نوع جهش اعداد مثلثی و ذوزنقه ای)

مرحله سوم: ساخت‌دهی به روابط و وابستگی‌های میان کامپوننت‌های نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در صنایع نساجی و پوشاک –کارخانجات نساجی بروجرد: طراحی پایگاه تولیدمثل دانش مبتنی بر هوش مصنوعی مدل پویای هوشمند : در مرحله فرآیند ساخت پایگاه تولیدمثل دانش: به دیتاست و خبرگان حوزه نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در صنایع نساجی و پوشاک – کارخانجات نساجی بروجرد مربوطه هست، ارائه می‌گردد. در این راستا سعی شده است از دیتاست و خبرگان فعال در حوزه نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در صنایع نساجی و پوشاک –کارخانجات نساجی بروجرد و همچنین دانشجویان دکتری که بطور تخصصی در این حوزه‌ها مطالعه و تحقیق می‌نمایند، بهره‌برداری شود. این مرحله شامل استخراج قواعد خبرگی و ارزیابی آن‌ها توسط دیتاست و خبرگان و ایجاد پایگاه قواعد هوشمند می‌باشد. پایگاه قواعد هوشمند مجموعه‌ای از قواعد "اگر– آنگاه" است که قلب سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه محسوب می‌گردد؛ زیرا سایر اجزا مدل پویای هوشمند برای پیاده‌سازی این قواعد به شکل مؤثر و کارا بهره‌برداری می‌گردند. در اینجا احتمال وقوع حالت‌های مختلف بین متغیرهای اصلی سیستم هوشمند یکسان در نظر گرفته شده است. نقطه‌ی آغازین ساخت یک پایگاه تولیدمثل دانشی مبتنی بر قواعد در یک مدل پویای هوشمند؛ به دست آوردن مجموعه‌ای از "قواعد اگر– آنگاه فازی" از دانش افراد خبره

یا دانش حوزه مورد بررسی می‌باشد؛ مرحله‌ی بعدی؛ ترکیب این قواعد در یک سیستم واحد است. سایر قواعد پایگاه تولیدمثل دانش مبتنی بر هوش مصنوعی این سیستم هوشمند نیز به این ترتیب تولید شدند. در نهایت تعداد قواعد هوشمند ماژول "نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در کارخانه‌های نساجی بروجرد" سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی – نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه به علت وجود ۵ متغیر اصلی که هر کدام ۳ حالت دارند؛ برابر با ۲۴۳ است. شکل مربوط به پایگاه‌های قواعد هوشمند ماژول سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی به شرح ذیل است:



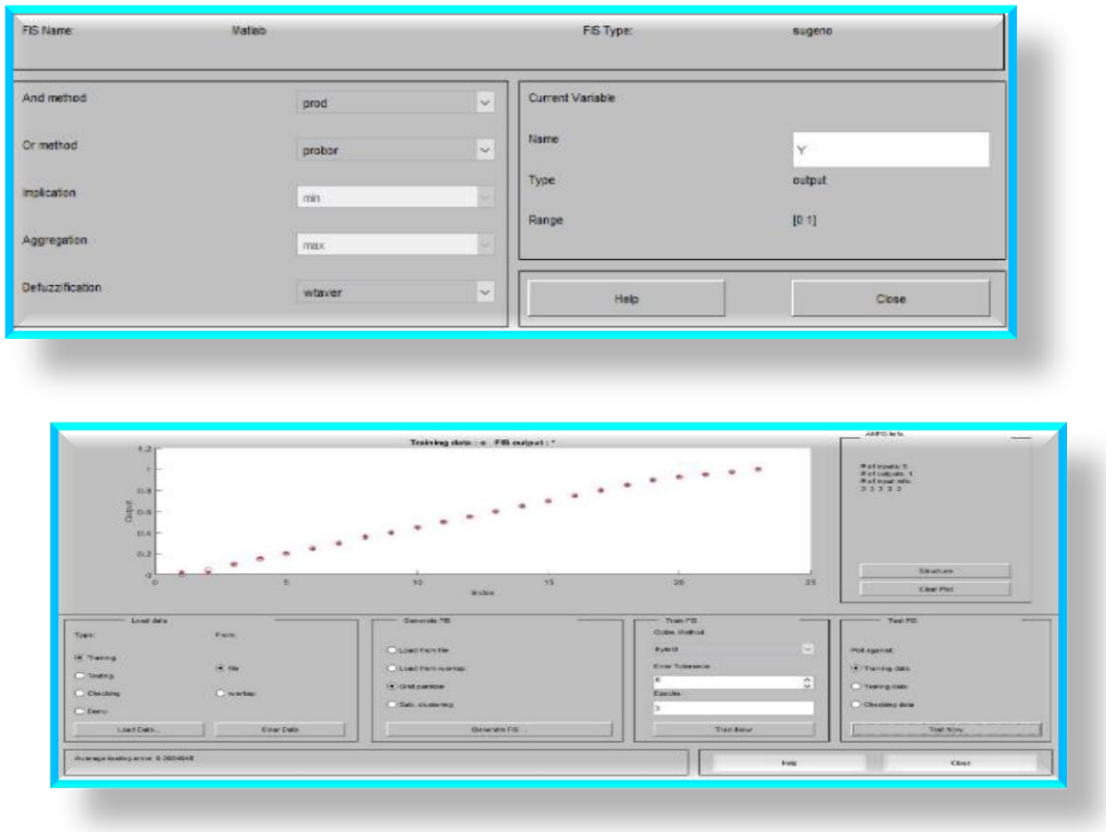
شکل شماره (۳): نحوه تولید خودکار قواعد درون پایگاه تولید مثل دانش مبتنی بر هوش مصنوعی



شکل شماره (۴): نحوه تولید قواعد هوشمند درون پایگاه تولیدمثل دانش سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی

مرحله چهارم طراحی موتور استنتاج سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی.

طراحی موتور استنتاج سیستم هوشمند در این مرحله روش wtavar برای فازی زدایی جهت تبدیل اعداد و مجموعه‌های فازی به مقدار قطعی جهت بررسی واقعی عملکرد سیستم انتخاب شده است.



شکل شماره(۵): موتور استنتاج سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی

با بهره‌برداری از نرم‌افزار متلب می‌توان به استنتاج مبتنی بر قواعد موجود در پایگاه تولیدمثل دانش مبتنی بر هوش مصنوعی سیستم هوشمند پرداخت. میانگین خطای داده‌های آزمون؛ در موتور استنتاج سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی جهت " نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه"؛ برابر با ۰/۰۰۸۵ (کمتر از ۱ درصد) محاسبه شده است که دقت بسیار بالای محاسبات شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی تحقیق را نشان می‌دهد. در واقع مهم‌ترین علت بهره‌برداری از موتور استنتاج سوگنو (به جای ممدانی) این است که در موتور استنتاج ممدانی قسمت انتخاب نوع استلزام و سبک تجمیع قواعد هوشمند (جهت گردآوری قواعد هوشمند برای استنتاج و نتیجه‌گیری) ثابت نیست. برای انتخاب نوع استلزام در نرم‌افزار متلب از Minبهره‌برداری می‌گردد زیرا عملگر Prod مجموعه فازی خروجی را کوتاه و ناقص می‌نماید. غیرفازی ساز موجود در سیستم هوشمند PM- ANFIS خروجی فازی را تبدیل به یک عدد قطعی می‌نماید. در قسمت غیرفازی‌ساز نرم‌افزار متلب از روش Wtaverبهره‌برداری می‌گردد زیرا این غیرفازی‌ساز به کاهش پیچیدگی مسأله و نیز زمان کم‌تر برای محاسبات کمک می‌نماید. در اینجا به علت متصل شدن قواعد هوشمند سیستم با بهره‌برداری از عملگر "And"؛ در نرم‌افزار MATLAB سبک تجمیع قواعد هوشمند "Max" را انتخاب می‌نماییم. دراین‌صورت مجموع دقیق‌تر هر مجموعه خروجی قواعد در نظر گرفته می‌شوند نه بخشی از آن‌ها. از آنجاییکه روش فازی زدایی Wtaver تناظری بین یک عدد فازی و یک عدد قطعی یا مجموعه‌ای از اعداد قطعی ایجاد می‌نماید اغلب برخی از اعداد فازی غیر یکسان، به یک عدد قطعی تبدیل می‌گردند، در این حالت حجم خیلی کمی از اطلاعات از دست داده می‌شود و سبب ایجاد نقصان در نتیجه‌گیری‌های نهایی مسائل تصمیم‌گیری‌های تخصصی، مسائل پیش‌بینی و غیره نمی‌گردد، در این خصوص ضروری است روش فازی زدایی Wtaver مورد بهره‌برداری قرار گیرد تا اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری را حفظ نماید. بدین ترتیب براساس روابط در نظر گرفته شده به‌وزن‌های موجود، به روابط و مفاهیم اطلاعات می‌توان دست یافت. در طراحی موتور استنتاج سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه از روش wtaverبرای فازی زدایی جهت تبدیل اعداد و مجموعه‌های فازی به مقدار قطعی جهت بررسی

واقعی عملکرد سیستم استفاده شده است. که غیرفازی ساز موجود در سیستم هوشمند ، باعث شده که خروجی فازی را تبدیل به یک عدد قطعی‌نماید. به همین منظور از قسمت غیرفازی‌ساز نرم‌افزار MATLAB از روش wtaver بهره‌برداری می‌گردد زیرا این غیرفازی‌ساز به کاهش پیچیدگی مسأله و نیز زمان کم‌تر برای محاسبات کمک می‌نماید.

مرحله پنجم: شرح چگونگی بهره‌برداری از سیستم هوشمند طراحی شده و تحلیل خروجی‌هادر فاز نهایی مدل ارائه شده؛ بطور عملی در نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در کارخانه‌های نساجی بروجرد پیاده‌سازی خواهد شد و بوسیله‌ی متخصصان و خبرگان سازمان‌های مرتبط؛ مورد ارزیابی و بازبینی و اصلاح قرار خواهد گرفت.در نهایت باید گفت نتایج حاصل از این تحقیق به دنبال ارائه یک مدل نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در صنعت نساجی و پوشاک و خاصا" به کارخانجات نساجی بروجرد به عنوان محل اجرای طرح شود. جهت تحلیل هوشمند متغیر خروجی سیستم " نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در کارخانه‌های نساجی بروجرد" می‌توان به تحلیل خروجی‌های سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه به صورت عددی (دقیق) و زبانی؛ پرداخت. جدول و شکل ذیل؛ به تحلیل رفتار آمیزش متغیرهای ورودی و خروجی ماژول سیستم هوشمند می‌پردازد:

متغیرهای مدل	ضریب پویای موزون		وزن نهایی ورودی سامانه
عامل کارکنان در نت	۰/۷۴۴	محاسبه وزنی نسبی تقسیم بر ۰/۸۱۵	۰/۹۱۲۰
عامل فناوری در نت	۰/۷۵۳		۰/۹۲۳۹
عامل استراتژی در نت	۰/۷۲۲		۰/۸۸۵۹
عامل کیفیت در نت	۰/۸۱۵		۱/۰۰۰
عامل محیط کار در نت	۰/۷۶۲		۰/۹۳۵۰

جدول شماره (۸): محاسبه وزن نهایی ورودی سامانه هوشمند

شکل شماره (۶): تحلیل هوشمند متغیر خروجی سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه بر اساس وضعیت اهمیتی (پس از اجرای تحقیق) به صورت عددی و زبانی بر اساس پنج متغیر ورودی و متغیر خروجی

در اینجا؛ با بهره‌برداری از خروجی‌های سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی می‌توان وضعیت نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در کارخانه‌های نساجی بروجرد – صنعت نساجی و پوشاک" را بر اساس متغیرهایی چون متغیر "عامل فن‌آوری در نت"؛ متغیر "عامل کارکنان در نت"؛ متغیر "عامل محیط کار در نت"؛ متغیر "عامل کیفیت در نت" و متغیر "عامل استراتژی در نت" مورد تحلیل قرار داد.

اگر (If)؛ وضعیت "عامل کارکنان در نت" خوب (کران بالای تابع عضویت خوب) باشد یعنی دقیقاً ۹۱۲۹/ ؛ وضعیت "عامل فنآوری در نت" خوب (کران بالای تابع عضویت خوب) باشد یعنی دقیقاً ۰/۹۲۳۹؛ وضعیت "عامل استراتژی در نت" نسبتاً خوب (کران پایین تابع عضویت خوب) باشد یعنی دقیقاً ۰/۸۸۵۹؛ وضعیت "عامل کیفیت در نت" کاملاً خوب (بالاترین تابع عضویت)

باشد یعنی دقیقاً ۰/۹۹۹۹ ؛ وضعیت "عامل محیط کار در نت" خوب (کران بالای تابع عضویت خوب) باشد یعنی دقیقاً ۰/۹۳۵۰ باشد،

آنگاه (Then)، وضعیت متغیر خروجی تحقیق یعنی "عملکرد نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه (Y)" در پنجمین سطح خود یعنی خیلی خوب (MF5=V.H) قرار دارد و برابر با ۰/۸۸۲(۸۸٪ بهینگی تابع هدف براساس نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در کارخانه‌های نساجی بروجرد) است. در حقیقت؛ برای تحلیل هوشمند متغیر خروجی در شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی بر اساس وضعیت اهمیتی (پس از اجرای تحقیق) به صورت عددی و زبانی بر اساس پنج متغیر ورودی؛ کامپوننت "عامل کارکنان در نت"؛ با ضریب پویای موزون برابر با ۰/۷۴۴و دارای وزن هوشمند ۰/۹۱۲۹: کامپوننت "عامل فنآوری در نت"؛ با ضریب پویای موزون برابر با ۰/۷۵۳ و دارای وزن هوشمند ۰/۹۲۳۹: کامپوننت "عامل استراتژی در نت"؛ با ضریب پویای موزون برابر با ۰/۷۲۲ و دارای وزن هوشمند ۰/۸۸۵۹ : کامپوننت "عامل کیفیت در نت"؛ با ضریب پویای موزون برابر با ۰/۸۱۵ و دارای وزن هوشمند ۰/۹۹۹۹: کامپوننت "عامل محیط کار در نت"؛ با ضریب پویای موزون برابر با ۰/۷۶۲ و دارای وزن هوشمند ۰/۹۳۵۰

با دستور [۰/۹۱۲۹;۰/۹۲۳۹;۰/۸۸۵۹;۰/۹۹۹۹;۰/۹۳۵] بهره‌برداری شده است که خروجی آن ۵/۲۹درون یک طیف شش تایی می‌باشد؛ یعنی وضعیت اهمیتی (پس از اجرای تحقیق) نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه؛ در وضعیت خیلی خوب (MF5=V.H) قرار دارد و برابر با ۰/۸۸۲(۸۸٪ بهینگی تابع هدف براساس نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در کارخانجات نساجی بروجرد) است.

تابع هدف بهینه تحقیق به شرح ذیل است:

$$Y=[۰/۹۱۲۹X1+۰/۹۲۳۹X2+۰/۸۸۵۹X3+۰/۹۹۹X4+۰/۹۳۵X5]=۰/۸۸۲$$

بنابراین مدیران صنایع نساجی و پوشاک؛ بایستی به وضعیت عملکردی (قبل از اجرای تحقیق) مغیرهای مدل تحقیق یعنی:

عامل کارکنان در نت با کد A شامل: a1) عملکرد استراتژیک کارکنان در دامنه پیشگیرانه (رشته سازمانی) با هدف حداکثرسازی در دسترس بودن تجهیزات،a2) عملکرد استراتژیک کارکنان در دامنه برنامه‌ریزی شده (پیش کار طرح) باهدف برنامه‌ریزی و پیش‌بینی قبل از خرابی تجهیزات,a3) عملکرد استراتژیک کارکنان در دامنه واکنشی (پاسخ به وقایع) باهدف رفع عیب پس از خرابی تجهیزات)

عامل فن‌آوری در نت با کد B شامل(b1:ارتقای عملکرد فن‌آوری عملیات تولید براساس سنسورهای تجهیزات جهت سنجش میزان اثربخشی نگهداری و تعمیرات، b2) ارتقای عملکرد فن‌آوری عملیات تولید براساس سابقه نگهداری و تعمیرات جهت تشخیص موارد غیر عادی و تحلیل ریسک، b3) ارتقای عملکرد فن‌آوری عملیات تولید براساس سوابق بازرسی‌های فنی جهت تشخیص عیوب پیشرفته در مدیریت زنجیره تامین

عامل استراتژی در نت با کد C شامل:c1) عملیات استراتژیک مدیریت قطعات کم‌مصرف (غیرفعال) و پرمصرف (فعال) در انبارهای انتخاب‌شده، c2) مسیر استراتژیک استراتژی بهینه‌سازی نقطه سفارش و میزان سفارش در اقلام پرمصرف برحسب احتمال خرابی؛ c3)بهبود مستمر و استراتژیک بهینه‌سازی میزان موجودی اطمینان در اقلام کم‌مصرف (غیرفعال یا راکد) برحسب احتمال خرابی؛

عامل کیفیت در نت با کد D شامل: d1) سیاستهای کیفیت براساس شاخص متوسط زمان شکست ؛ d2)سیاست‌های کیفیت براساس شاخص متوسط زمان تعمیر

عامل محیط کار در نت با کد E شامل؛ e1) بهبود در عملیات تولید محیط کار از طریق هوشمندسازی تصمیم‌گیری در نت پیش‌گیرانه، e2) نوآوری در عملیات تولید محیط کار از طریق به‌کارگیری دانش ایجادشده در نت پیش‌گیرانه؛ سازمان تمرکز داشته باشند.

جهت ارزیابی و اعتبارسنجی فرآیند مدل‌سازی هوش مصنوعی نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه مورد مطالعه؛ برای این ارزیابی بایستی بعد از طراحی مدل سیستم هوشمند تحقیق خروجی‌های مدل(جواب‌های) در یک ابزار گردآوری اطلاعات جداگانه، با نظرات ۱۸ نفر از دیتاست و خبرگان نگهداری و تعمیرات مقایسه شدند که بنا بر آزمون فرض اگر:

فرض صفر (H0): بین میانگین نظرات خبرگان با خروجی‌های "سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی – نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه " تفاوت معناداری وجود دارد.

فرض مقابل (H1): بین میانگین نظرات خبرگان و خروجی‌های " سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی – نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه " تفاوت معناداری وجود ندارد. و با توجه به اطلاعات توصیفی موجود؛ می‌توان به مقایسه خروجی‌های سیستم هوشمند این تحقیق یعنی: شبکه عصبی مصنوعی – منطق فازی با میانگین نظرات خبرگان پرداخت.از آنجایی که دیتاست و نظرات خبرگان بر اساس توابع عضویت و انتخاب نوع جهش متغیر خروجی (دارای MF =5) بیان شده‌اند. لذا جهت آزمودن فرض بالا می‌توان از درصد اختلاف بین خروجی‌های سیستم هوشمند این تحقیق یعنی سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه با میانگین نظرات خبرگان به شرح ذیل پرداخته شد که در قالب جدول زیر ارائه گردید .

قواعد سیستم هوشمند	خروجی های سیستم هوشمند	میانگین پاسخ خبرگان و دیتاست	نسبت اختلاف	تفاوت نهایی
Rule3	1	1.22	0.22÷4=0.055	0.06475
Rule45	3	2.72	0.28÷4=0.0675	
Rule79	3	2.78	0.22÷4=0.055	
Rule86	2	1.67	0.33÷4=0.0825	
Rule103	2	1.67	0.33÷4=0.0825	
Rule140	3	2.78	0.22÷4=0.055	
Rule157	3	3	0÷4=0	
Rule219	2	1.94	0.06÷4=0.015	
Rule224	2	1.39	0.061÷4=0.01525	
Rule235	2	1.78	0.33÷4=0.0825	

جدول شماره (۹): اطلاعات مربوط به مقایسه خروجی‌های "سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه "با میانگین نظرات خبرگان

همانطور که مشاهده می‌گردد اختلاف نهایی بین خروجی‌های سیستم هوشمند این تحقیق یعنی: سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه و میانگین نظرات خبرگان معنی‌دار نبوده و برابر با ۰/۰۶۴۷۵ (۶۵ هزارم (کمتر از ۷ درصد) است. ازآنجایی که علت کافی برای پذیرش فرض صفر وجود ندارد؛ لذا فرض مقابل پذیرفته می‌گردد یعنی بین میانگین نظرات خبرگان و خروجی‌های " سیستم هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی –نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه " تفاوت معناداری وجود ندارد.

در پایان به بیان بهره‌برداری‌های علمی این تحقیق و نیز پیشنهادات برای محققان دیگر به‌منظور ادامه کار، اقدام می‌گردد. یکی از مزایای بهره‌برداری از مطالعه موردی در تحقیق این است که ، یک راه نظام‌مند از مدل‌سازی رویدادها، جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل اطلاعات و گزارش‌دهی نتایج را برای طراحی مدل هوشمند نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه، با بهره‌برداری از مستندات علمی صنایع نساجی و پوشاک، ارائه می‌دهد. زیرا شرکت نساجی بروجرد تولیدکننده انواع پارچه و محصولات نساجی است از جمله: پارچه پنبه‌ای، پارچه پلی استر، پنبه، پارچه ویسکوز و نیز پارچه‌های پیراهنی، ملحفه‌ای، پرده‌ای و رومبلی. کارخانجات نساجی بروجرد دارای بخش‌ها و کارخانه‌های پیوسته ای است که مراحل مختلف تولید نخ و پارچه و دوزندگی را انجام می‌دهند. خطوط اصلی تولید و کارخانجات شرکت نساجی بروجرد عبارتند از: ریسندگی رینگ؛ ریسندگی اپن اند؛ مقدمات بافندگی؛ بافندگی یک؛ بافندگی دو؛ متراژ و بسته بندی؛ رنگرزی، چاپ و تکمیل؛ رنگ آمیزی نخ؛ بسته بندی ، مرحله دوخت و آزمایشگاه. های مجهز در هر مرحله از فرآیند تولید می باشد. در حقیقت، مهم‌ترین و کلیدی‌ترین پیشنهاد تحقیق حاضر برای طراحی مدل پویای هوشمند نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه این است که:

با بهبود وضعیت عملکردی "عامل کارکنان در نت" دربرگیرنده شاخص‌های از قبیل:

- عملکرد استراتژیک کارکنان در دامنه پیشگیرانه (رشته سازمانی) با هدف حداکثرسازی در دسترس بودن تجهیزات،
- عملکرد استراتژیک کارکنان در دامنه برنامه‌ریزی شده (پیش کار طرح) باهدف برنامه‌ریزی و پیش‌بینی قبل از خرابی تجهیزات،
- عملکرد استراتژیک کارکنان در دامنه واکنشی (پاسخ به وقایع) باهدف رفع عیب پس از خرابی تجهیزات)؛

می‌توان به بهبود متغیرهای مدل پویا، اقدام نمود زیرا پروژه تعمیر و بازسازی ماشین چاپ روتاری اشتورک نساجی بروجرد، از مهم‌ترین نمونه‌های پیشنهادات پژوهشی است. دستگاه چاپ روتاری اشتورک به عنوان یکی از مهم‌ترین ماشین‌های تولیدی

شرکت در سال ۱۳۷۲ شمسی نصب و در اواخر این سال شروع به کار نمود. سال‌های ۷۲ الی ۸۰ این دستگاه به صورت یک شیفت یا دو شیفت مشغول به فعالیت بوده و اولین تعمیر ماشین در سال ۱۳۸۶ به صورت تعویض بلنکت صورت می‌گیرد و در ادامه در سال ۱۴۰۱ به علت ایجاد مشکلاتی در این دستگاه ضمن توقف ۸ روزه مجدداً بلنکت تعویض و تعمیرات جزئی بر روی ماشین صورت گرفته و پس از آن به مدت ۳ ماه در شیفت شب که ماشین متوقف بوده تعمیراتی بر روی ماشین انجام شده است و پس ازآن از سال ۱۴۰۱ ماشین چاپ به صورت ۳ شیفت کار خود را ادامه داده است.

با بهبود وضعیت عملکردی "عامل فن‌آوری در نت" دربرگیرنده شاخص‌های از قبیل:

- ارتقای عملکرد فن‌آوری عملیات تولید براساس سنسورهای تجهیزات جهت سنجش میزان اثربخشی نگهداری و تعمیرات،
- ارتقای عملکرد فن‌آوری عملیات تولید براساس سابقه نگهداری و تعمیرات جهت تشخیص موارد غیر عادی و تحلیل ریسک،

و ارتقای عملکرد فن‌آوری عملیات تولید براساس سوابق بازرسی‌های فنی جهت تشخیص عیوب پیشرفته در مدیریت زنجیره تامین؛ می‌توان به بهبود متغیرهای مدل پویا، اقدام نمود. زیرا در سال ۱۴۰۱ خرابی‌ها بر روی ماشین چاپ روتاری اشتورک افزایش پیدا کرد به صورتی که واحد فنی مجبور شد برای ادامه کار دستگاه، مکانیزم‌های مختلف را در دستگاه غیر فعال نماید که نتیجه آن افت راندمان و افزایش ضایعات در این ماشین بوده بنا به مسائل گفته شده و روشن شدن زنگ خطر در این بخش مدیریت مجموعه جهت بازسازی کامل ماشین اقداماتی را شروع نمود که نتیجه آن به علت بالا بودن هزینه‌های بازسازی خرید ماشین چاپ جدید بوده است که اقدامی ماندگار در شرکت می‌باشد ولیکن به علت سیاست‌های افزایش تولید مجدداً در سال ۹۶ بازسازی ماشین چاپ در اولویت کارها قرار گرفت ولیکن به علت محدودیت‌هایی مانند مشکل تهیه قطعات خارجی و فشار تولید کار مشمول زمان گردید تا اینکه در تیر ماه ۱۳۹۷ بناچار با توجه به افت شدید راندمان ماشین و بحران‌های پیش آمده در کشور مدیریت مجموعه و تیم فنی مجبور به اتخاذ یک تصمیم بزرگ شدند، بدون اتکاء به قطعات خارجی و تنها با تکیه به دانش فنی داخلی بازسازی ماشین آغاز شد.

با بهبود وضعیت عملکردی "عامل استراتژی در نت" دربرگیرنده شاخص‌های از قبیل:

- عملیات استراتژیک مدیریت قطعات کم‌مصرف (غیرفعال) و پرمصرف (فعال) در انبارهای انتخاب‌شده،
- مسیر استراتژیک استراتژی بهینه‌سازی نقطه سفارش و میزان سفارش در اقلام پرمصرف برحسب احتمال خرابی،
- و بهبود مستمر و استراتژیک بهینه‌سازی میزان موجودی اطمینان در اقلام کم‌مصرف (غیرفعال یا راکد) برحسب احتمال خرابی؛

می‌توان به بهبود متغیرهای مدل هوشمند، اقدام نمود زیرا قیمت مواد اولیه صنعت پوشاک و نساجی در آذرماه ۱۴۰۱ سه تا پنج برابر شد، با افزایش نرخ ارز، قیمت مواد اولیه مورد نیاز صنایع پوشاک و نساجی سه تا پنج برابر افزایش یافته و در عین حال اگر قبلاً می‌شد خرید مدت‌دار انجام گردد، حالا باید مواد اولیه صنعت پوشاک و نساجی، کاملاً نقدی خریداری گردد.

با بهبود وضعیت عملکردی "عامل کیفیت در نت " دربرگیرنده شاخص‌های از قبیل:

- سیاست‌های کیفیت براساس شاخص متوسط زمان شکست
- سیاست‌های کیفیت براساس شاخص متوسط زمان تعمیر

می‌توان به بهبود متغیرهای مدل پویا، اقدام نمود زیرا آزمایشگاه مجهز رنگرزی و چاپ شامل انواع دستگاه‌های آزمایش پارچه خام و تکمیل شده از معروف‌ترین کمپانی‌های دنیا مانند دیتا کالر سوییس می‌باشد. واحد مهندسی صنعتی و تحقق توسعه کارخانجات از فعال‌ترین و به روزترین بخش‌های مجموعه بوده و توانسته ضمن ارائه اطلاعات دقیق و به روز به مدیریت دستاوردهای مثبت و مهمی را در بخش‌های مختلف به دنبال داشته باشد.

- با بهبود وضعیت عملکردی "عامل محیط کار در نت" دربرگیرنده شاخص‌های از قبیل:
- بهبود در عملیات تولید محیط کار از طریق هوشمندسازی تصمیم‌گیری در نت پیش‌گیرانه
- نوآوری در عملیات تولید محیط کار از طریق به‌کارگیری دانش ایجادشده در نت پیش‌گیرانه؛

توانسته به بهبود متغیرهای مدل هوشمند، طرز نگاه مقامات بلندپایه صنعتی و اقتصادی به نگهداری و تعمیرات صنایع کشور تغییر یابد. دستیابی به جایگاه سوم صنعت نساجی در منطقه و رسیدن به رتبه پنجاهم جهان با تکیه بر رقابت‌پذیری، نوسازی و سرمایه‌گذاری همراه با توسعه فناوری و ارتقای بهره‌وری عوامل تولید را می‌توان از اهداف پیش‌بینی شده در افق ۱۴۰۴ برای این صنعت دانست. راهبردهای توسعه صنعت نساجی و پوشاک در این سند ۱۱ برنامه راهبردی برای این بخش توصیه نموده که در این زمینه بهبود فضای کسب‌وکار و رقابت‌پذیرکردن صنعت نساجی و پوشاک، تنوع‌بخشی و توسعه صادرات منسوجات و پوشاک با ارزش‌افزوده بیشتر مبتنی‌بر مزیت‌های رقابتی و تقویت و تکمیل خوشه‌های صنعتی منسجم و توانمند مد نظر قرار گرفته شده است.

نتایج تحقیق حاضر می‌تواند به ارتقای عملکرد مدیر کل دفتر صنایع نساجی و پوشاک کمک نماید:

از طریق پیگیری و اجرای طرح‌های بازسازی و نوسازی صنایع تحت پوشش و ارائه راهکارها، پیشنهادات و دستورالعمل‌های مربوطه ارائه پیشنهادات لازم جهت ایجاد زمینه‌های مساعد برای توسعه فعالیت‌های تحقیقاتی و کاربردی همراه با انجام بررسی‌ها و مطالعات لازم در جهت بالا بردن توان رقابتی تولید در صنایع تحت پوشش. مشارکت با موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مراجع مربوطه جهت تدوین یا بازنگری استانداردهای مورد نیاز (به لحاظ کیفی، زیست محیطی و مدیریتی). مشارکت در انجام مطالعه و بررسی‌های لازم به منظور استفاده بهینه از منابع انرژی و کاهش ضایعات و ارائه راهکارهای تخصصی به واحدها جهت بازیابی ضایعات.

با توجه به مطالب مذکور، مهم‌ترین توصیه‌ها و پیشنهادات برای تحقیق‌های بعدی را می‌توان این چنین بیان نمود:

الف) بهره‌برداری از سایر تکنیک‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه شبکه‌های عصبی مصنوعی و مهم‌ترین و مرتبط‌ترین الگوریتم‌های موجود در حوزه هوش مصنوعی، به‌منظور افزایش غنای محتوایی سیستم مذکور و نیز بهبود فرآیند استنتاج فازی آن برای طراحی مدل پویای هوشمند نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه؛ ب) بهره‌برداری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) فازی، به‌منظور رتبه‌بندی شبکه‌ای روابط بین مدل نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه. ج) بکارگیری متدلوژی آنتولوژی فازی، جهت مدل‌سازی جامع نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه.

٤-منابع

1. Albrecht, F., Kleine, O., & Abele, E. (2014). Planning and optimization of changeable production systems by applying an integrated system dynamic and discrete event simulation approach. *Procedia CIRP*, *17*, 386-391.
2. Alrabghi, A., & Tiwari, A. (2015). State of the art in simulation-based optimisation for maintenance systems. *Computers & Industrial Engineering*, *82*, 167-182.
3. Alrabghi, A., Tiwari, A., & Savill, M. (2017). Simulation-based optimisation of maintenance systems: Industrial case studies. *Journal of Manufacturing Systems*, *44*, 191-206.
4. Alrabghi, A., Tiwari, A., & Savill, M. (2017). Simulation-based optimisation of maintenance systems: Industrial case studies. *Journal of Manufacturing Systems*, *44*, 191-206.
5. Alsyouf, I. (2009). Maintenance practices in Swedish industries: Survey results. *International Journal of Production Economics*, *121*(1), 212-223.
6. Amiri, S., & Honarvar, M. (2018). Providing an integrated Model for Planning and Scheduling Energy Hubs and preventive maintenance. *Energy*, *163*, 1093-1114.
7. An, Y., Chen, X., Gao, K., Zhang, L., Li, Y., & Zhao, Z. (2023). A hybrid multi-objective evolutionary algorithm for solving an adaptive flexible job-shop rescheduling problem with real-time order acceptance and condition-based preventive maintenance. *Expert Systems with Applications*, *212*, 118711.
8. Aslam, T. (2013). Analysis of manufacturing supply chains using system dynamics and multi-objective optimization (Doctoral dissertation, University of Skövde).

9. Azimian, M., Karbasian, M., & Atashgar, K. (2021). Selecting optimal preventive maintenance periods for one-shot devices: a new fuzzy decision approach. *Production and Operations Management*, *12*(4), 21-39.
10. Bangalore, P., & Tjernberg, L. B. (2015). An artificial neural network approach for early fault detection of gearbox bearings. *IEEE Transactions on Smart Grid*, *6*(2), 980-987.
11. Talbi—Antonio, M. B. E. G., & Alba, N. E. (2006). Metaheuristics for Multiobjective Combinatorial Optimization Problems: Review and recent issues.
12. Garcia, M. C., Sanz-Bobi, M. A., & Del Pico, J. (2006). SIMAP: Intelligent System for Predictive Maintenance: Application to the health condition monitoring of a windturbine gearbox. *Computers in industry*, *57*(6), 552-568.
13. Chien, Y. H. (2019). The optimal preventive-maintenance policy for a NHPBP repairable system under free-repair warranty. *Reliability Engineering & System Safety*, *188*, 444-453.
14. Droguett, E. L., Jacinto, C. M. C., Garcia, P. A. D. A., & Moura, M. (2006). Availability assessment of onshore oil fields. In *Proceedings of the European Safety and Reliability Conference*.
15. Dui, H., Zhang, C., Tian, T., & Wu, S. (2022). Different costs-informed component preventive maintenance with system lifetime changes. *Reliability Engineering & System Safety*, *228*, 108755.
16. Eshaghi, Mohammad. (2023). Development of optimal maintenance management in SMEs using the combined approach of Electra Fazi and Vicor. 2nd International Congress of Management, Economics, Humanities and Business Development, July 2023, Tabriz Islamic Arts University.
17. Farooqi, Hiva; Dadashzadeh, Bahare; Taji, Jalal; Amini, Rojin. (2018). Two-dimensional renewable warranty considering the reliability of the maintenance system and preventive maintenance, 15th International Conference on Industrial Engineering, Yazd, Yazd University
18. Park, K., Nguyen, M. C., & Won, H. (2015, July). Web-based collaborative big data analytics on big data as a service platform. In *2015 17th international conference on advanced communication technology (icact)* (pp. 564-567). IEEE.
19. Park, K., Nguyen, M. C., & Won, H. (2015, July). Web-based collaborative big data analytics on big data as a service platform. In *2015 17th international conference on advanced communication technology (icact)* (pp. 564-567). IEEE.
20. Kang, K., & Subramaniam, V. (2018). Integrated control policy of production and preventive maintenance for a deteriorating manufacturing system. *Computers & Industrial Engineering*, *118*, 266-277.
21. Khonddar, Tarsi et al. (2022). The optimal pattern of maintenance and repair of the distribution network of incentive regulations. *Smart Methods in the Electricity Industr*y, 13(52), Winter 2022, 1-18.
22. Kuboki, N., & Takata, S. (2019). Selecting the optimum inspection method for preventive maintenance. *Procedia CIRP*, *80*, 512-517.
23. Laks, P., & Verhagen, W. J. (2018). Identification of optimal preventive maintenance decisions for composite components. *Transportation Research Procedia*, *29*, 202-212.
24. Linnéusson, G., Ng, A. H., & Aslam, T. (2017). Justifying Maintenance Studying System Behavior: A Multipurpose Approach Using Multi-objective Optimization. In *35th International Conference of the System Dynamics Society, Cambridge, Massachusetts, USA, July 16-20, 2017* (Vol. 2, pp. 1061-1081). Curran Associates, Inc..
25. Linnéusson, G., Ng, A. H., & Aslam, T. (2018). Relating strategic time horizons and proactiveness in equipment maintenance: a simulation-based optimization study. *Procedia CIRP*, *72*, 1293-1298.

26. Mishra, R. N., & Mohanty, K. B. (2016). Real time implementation of an ANFIS-based induction motor drive via feedback linearization for performance enhancement. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *19*(4), 1714-1730.
27. Miyata, H. H., Nagano, M. S., & Gupta, J. N. (2019). Integrating preventive maintenance activities to the no-wait flow shop scheduling problem with dependent-sequence setup times and makespan minimization. *Computers & Industrial Engineering*, *135*, 79-104.
28. Ozcan, S., & Simsir, F. (2019). A new model based on Artificial Bee Colony algorithm for preventive maintenance with replacement scheduling in continuous production lines. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *22*(6), 1175-1186.
29. Rahimi, Mokhtar; Nikbakht, Mehrdad. (2018). Identifying the key factors influencing the efficiency and reducing the cost of mechanized maintenance and preventive maintenance management system in Isfahan Region 2 gas transmission company, *6th National Conference on New Findings in Industrial Management and Engineering with Emphasis on Entrepreneurship in Industries*, Tehran, Payam Noor University. February 2018
30. Seiti, H., Hafezalkotob, A., Najafi, S. E., & Khalaj, M. (2019). Developing a novel risk-based MCDM approach based on D numbers and fuzzy information axiom and its applications in preventive maintenance planning. *Applied Soft Computing*, *82*, 105559.
31. Shaygan Nik, P., Zeinalnezhad, M., & Aliheydari Bioki, T. (2021). System dynamics modeling and simulation of power plant maintenance process considering safety improvement. *Journal of Modeling in Engineering*, *19*(67), 85-108. doi: 10.22075/jme.2021.21810.1992
32. Shaksi Zare, Seyyed Nader Reza. (2017). *Maintenance and repairs in facilities* (sampling of the best practical experiences). Publisher: Jaliz Publications.
33. Talbi—Antonio, M. B. E. G., & Alba, N. E. (2006). Metaheuristics for Multiobjective Combinatorial Optimization Problems: Review and recent issues.
34. Wang, N., Ren, S., Liu, Y., Yang, M., Wang, J., & Huisingh, D. (2020). An active preventive maintenance approach of complex equipment based on a novel product-service system operation mode. *Journal of Cleaner Production*, *277*, 123365.
35. Wei, S., Nourelfath, M., & Nahas, N. (2023). Analysis of a production line subject to degradation and preventive maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, *230*, 108906.
36. Zarezadeh, S., & Ashrafi, S. (2019). On preventive maintenance of networks with components subject to external shocks. Reliability Engineering & System Safety, 191, 106559.

Using Artificial Neural Network Methodology and Fuzzy Logic to Design an Intelligent Model for Optimizing and Preventive Maintenance in Interaction with Production in the Textile and Clothing Industry

Seyed Shahram Fatemi
Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Mehrdad Javadi (Corresponding Author)
Department of Mechanical Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Email: mjavadi@azad.ac.ir
Amir Azizi
Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Seyed Esmaeil Najafi
Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran nch

Abstract
In this research, an intelligent model of preventive maintenance and repairs based on artificial neural network methodology - fuzzy logic with the help of an artificial intelligence environment of MATLAB software based on the structure of Falcon's five-layer model of artificial neural networks is presented. The research method is based on systems thinking. After determining the most important factors affecting preventive maintenance and repairs with the help of a questionnaire and based on a dataset of 2,000 samples of data and reports from the Director General of Textile and Clothing Industries of the Ministry of Safety during the years 1396 to 1401 (in the form of six and a half years), and validity data evaluation by maintenance and repair experts from 240 industrial units, a smart model was designed. After the implementation of the model in Borujerd textile factories as the place of implementation of the plan, it can be claimed that if five "technology" factors have values of 0.9129; in good condition (upper bound of good membership function), "Employees" has values of 0.9239; in good condition (upper bound of good membership function), "working environment" has values of 0.8859; relatively good (lower limit of the membership function), "quality" has values of 0.9999; in perfect condition (highest function), and "strategy" has values of 0.9999; in good status (upper limit), in preventive maintenance and repairs, then the status of the output variable of the research, i.e. "Optimization of preventive maintenance and repairs performance (Y)" will be at its fifth level, i.e. very good, equal to 0.882 .

Keywords: Artificial Intelligence, Artificial Neural Network And Fuzzy Logic, Preventive Maintenance And Repairs.