هفتمین کنفرانس بین‌المللی
مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی

هوش مصنوعی و کاربردهای آن درحوزه نگهداری و تعمیر

رضا طاهری[۱]، محسن فرح پور[۲] و مهدی نجف زاده[۳]*

۱-کارشناس ارشد مکانیک، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران taherireza1985@gmail.com
۲- دانشجوی دکتری برق-الکترونیک، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، farahpour.m@birjand.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری مدیریت راهبردی سایبری، معاون آماد و پشتیبانی، نیروی پدافند هوایی ارتش، تهران، ایران،
mahdi.najafzadeh313@gmail.com

چکیده

امروزه هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از پیشرفت‌های چشمگیر در علم کامپیوتر، در حوزه‌های مختلفی ازجمله نگهداری و تعمیر تجهیزات صنعتی کاربرد دارد. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی، ماشین بردارهای پشتیبان و سیستم‌های خودکار، می‌توان تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی را به‌صورت دقیق‌تر و کارآمدتری انجام داد. از جمله کاربردهای هوش مصنوعی در نگهداری و تعمیر تجهیزات صنعتی، می‌توان به تشخیص و پیش‌بینی خرابی تجهیزات، توسعه سیستم‌های هوشمند تعمیر و نگهداری، کاهش زمان خرابی و همچنین افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری اشاره نمود. استفاده از هوش مصنوعی در این حوزه علاوه بر مزایای بسیار، دارای معایبی نیز می‌باشد. در این مطالعه تلاش شده است علاوه بر کاربردهای هوش مصنوعی در نگهداری و تعمیر، به بیان مزایا و معایب استفاده از آن در حوزه نگهداری و تعمیر اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی: هوش مصنوعی، نگهداری و تعمیر، سیستم‌های هوشمند، شبکه‌های عصبی، بهره‌وری

مقدمه

با توجه به گسترش روزافزون صنعت و رشد سریع آن، بشر همواره به دنبال سرعت بخشیدن به کار ها با دقت بالاتری بوده است. استفاده از روش‌های هوش مصنوعی به‌جای تصمیم‌گیری‌های دستی و انسانی علاوه بر این‌که سبب افزایش بهره‌وری می‌گردد از دقت بالایی نیز برخوردار است. صنعت تعمیر و نگهداری نیز یکی از شاخه‌هایی است که امروزه به‌شدت نیازمند محاسبات و انجام عملیات خودکار با استفاده از هوش مصنوعی می‌باشد. اخیراً مقالات بسیاری در این حوزه منتشرشده‌اند که به بررسی نقش هوش مصنوعی در این موضوع پرداخته‌اند. در حوزه‌ی نگهداری و تعمیر، مسائل بسیاری مانند پیش‌بینی خرابی، تشخیص خرابی، برنامه‌ریزی تعمیرات، پیش‌بینی بازده و غیره وجود دارد. همچنین، با توجه به پیچیدگی صنایع و تجهیزات مختلف، بهینه‌سازی روش‌های نگهداری و تعمیر نیاز به روش‌های هوشمندانه دارد. به همین دلیل، استفاده از هوش مصنوعی در حوزه‌ی نگهداری و تعمیر برای بهبود کارایی و صرفه‌جویی در هزینه‌ها موردتوجه قرارگرفته است. در این مقاله، به بررسی نقش هوش مصنوعی در نگهداری و تعمیر و نحوه‌ی کاربرد آن در حل مسائل مختلف در این زمینه پرداخته می‌شود. به‌علاوه، به معرفی روش‌های مختلف استفاده از هوش مصنوعی در نگهداری و تعمیر و نتایج به‌دست‌آمده از استفاده ازاین‌روش‌ها پرداخته خواهد شد. یکی از کاربردهای هوش مصنوعی در نگهداری و تعمیر، پیش‌بینی خرابی تجهیزات است. با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان پیش‌بینی دقیق‌تری از خرابی تجهیزات انجام داد که منجر به تعمیرات و نگهداری‌های لازم و به‌موقع می‌گردد. همچنین، با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان تشخیص خرابی‌های پنهان و کوچک را نیز بهبود داد.

در مقاله ارائه‌شده توسط کباسی و همکاران، اثربخشی استفاده از هوش مصنوعی در تشخیص خرابی‌ها و پیش‌بینی زمان نگهداری لازم برای انجام تعمیرات به‌طور دقیق‌تر بررسی‌شده است [۱]. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر رفیعی و همکاران روش‌های مختلف استفاده از هوش مصنوعی در بخش نگهداری و تعمیر را بررسی نموده‌اند. [۲]. الشورمن و همکاران به مطالعه‌ی تأثیر هوش مصنوعی در تشخیص خرابی‌های تجهیزات مختلف مانند دستگاه‌های صنعتی، خودروها و هواپیماها

پرداختند. این مطالعه به بررسی روش‌های هوش مصنوعی برای نظارت بر شرایط و تشخیص خرابی در بلبرینگ‌های المان پیچشی موتورهای القایی می‌پردازد که در آن روش‌های مختلف هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم و منطق فازی برای تشخیص خرابی بلبرینگ‌ها بررسی‌شده‌اند. برای ارزیابی و مقایسه این روش‌ها، مجموعه داده‌های مختلفی از آزمایش‌های شبیه‌سازی و واقعی استفاده‌شده و نتایج نشان می‌دهد که روش‌های هوش مصنوعی به‌طور مؤثری می‌توانند از طریق تحلیل ارتعاشات موتورهای القایی، خرابی بلبرینگ‌ها را تشخیص داده و این روش‌ها می‌توانند به‌عنوان روش‌هایی جایگزین برای روش‌های سنتی تشخیص خرابی مانند تحلیل فرکانسی و تحلیل طیفی استفاده شوند [۳].

در مقاله‌ای دیگر دیکسیت و همکاران بیان نمودند که استفاده از روش‌هایی همچون شبکه‌های عصبی، درخت تصمیم و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌تواند به پیش‌بینی خرابی ماشین‌آلات منجر شود. در این مقاله، پژوهشگران با استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی، بررسی جامعی را از تشخیص ناهنجاری در خودروهای برقی خودکار ارائه داده و به بررسی روش‌های مختلف تشخیص ناهنجاری مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم‌های درخت تصمیم، روش‌های تشخیص خطا و روش‌های یادگیری ژرف پرداخته‌اند. علاوه بر این پژوهشگران به بررسی روش‌های انتقال یادگیری، روش‌های یادگیری نظارت‌شده و ناظر نشده و روش‌های خوشه‌بندی نیز پرداخته‌اند. با استفاده از نتایج این مطالعه می‌توان اشاره کرد عوامل مختلفی مانند نوع حس‌گرهای استفاده‌شده، شرایط محیطی، انواع خطاهایی که ممکن است در خودروها به وجود آیند و غیره بر کیفیت تشخیص ناهنجاری در خودروهای برقی خودکار تأثیرگذار می‌باشند [۴].

چن و همکاران به مروری بر مفاهیم اصلی هوش مصنوعی، روش‌هایی همچون شبکه‌های عصبی و یادگیری تقویتی و کاربردهای آن در نگهداری مبتنی بر شرایط CBM[۱] پرداختند. آن‌ها نشان دادند که هوش مصنوعی به‌عنوان یک ابزار مؤثر در CBM می‌تواند بهبود چشمگیری را درزمینه‌ی هایی همچون پیش‌بینی خرابی و برنامه‌ریزی تعمیرات ایجاد کند. در این مقاله، نویسندگان به بررسی کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی و مدیریت سلامت سیستم‌های مهندسی می‌پردازند. این مقاله شامل مطالعه موردی برای مدیریت سلامت موتورهای جت هواپیما، کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی خرابی موتورهای الکتریکی و نیز بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تشخیص خطاهای برقی است. درنهایت، نویسندگان به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با این حوزه و همچنین راه‌کارهایی برای بهبود کارایی و دقت روش‌های هوش مصنوعی در این زمینه می‌پردازند [۵].

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۲ توسط اوچلا و همکاران انجام گردید، به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین درزمینه های پیش‌بینی و مدیریت سلامت[۲] (PHM) پرداخته شد. در این پژوهش نقش هوش مصنوعی در پیش‌بینی و مدیریت سلامتی سیستم‌های مهندسی موردبحث قرارگرفته‌شده و نشان داده‌شده است که با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی، ماشین‌های بولتزمن، درخت تصمیم و سایر الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان به‌صورت پیش‌بینی‌شده به تشخیص نقص و مدیریت سلامتی سیستم‌های مهندسی پرداخت. علاوه بر این، روش‌های مختلف ازجمله روش‌های شبیه‌سازی، روش‌های استخراج ویژگی، روش‌های خوشه‌بندی و سایر روش‌های هوش مصنوعی موردبررسی قرارگرفته است [۶]. سوستو و همکاران با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین، به‌منظور انجام نگهداری پیشگیرانه، یک رویکرد چندطبقه بند برای تشخیص خطا در سامانه‌های صنعتی ارائه داده‌اند. این روش شامل مراحل پیش‌پردازش داده، استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی و استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تصمیم‌گیری نهایی است. پژوهشگران از چندین الگوریتم یادگیری ماشین، ازجمله شبکه عصبی، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان استفاده کرده‌اند و با ترکیب این الگوریتم‌ها با یکدیگر، بهبود قابل‌ملاحظه‌ای در دقت تشخیص خطا داشته‌اند. همچنین، پژوهشگران به بررسی اثرات پارامترهای مختلف، مانند تعداد طبقه بندها و تعداد نمونه‌های آموزشی بر عملکرد روش پیشنهادی پرداخته‌اند. درنهایت، نتایج نشان داده‌اند که روش پیشنهادی با دقت بالا در تشخیص خطا در سامانه‌های صنعتی عملکرد خوبی دارد [۷].

شارما و همکاران در سال ۲۰۲۱ نشان دادند که استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی مانند شبکه‌های عصبی، درخت تصمیم و SVM می‌تواند به پیش‌بینی خرابی دستگاه‌ها بپردازد، در این مطالعه، نویسندگان با بررسی روش‌های یادگیری ماشین و نقش تفسیرپذیری آن‌ها، به ارائه روش‌های نگهداری مبتنی بر شرایط برای سیستم‌های صنعتی پرداخته‌اند. پژوهشگران با تأکید بر تفسیرپذیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین، به‌منظور فهم بهتر علت خرابی و ارائه پیشنهادهای نگهداری، به بررسی مزایا و معایب روش‌های مختلف پرداخته‌اند. از مزایای این روش‌ها می‌توان به‌دقت بالا، توانایی پیش‌بینی خرابی قبل از وقوع آن، افزایش عمر مفید تجهیزات، کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، افزایش بهره‌وری و افزایش راندمان اشاره کرد. نیاز به داده‌های بسیار برای آموزش ماشین، نیاز به پردازشگرهای قدرتمند و حجم بالای داده‌ها، عدم توانایی تفسیر مدل‌های پیچیده و وابستگی به داده‌های موجود ازجمله معایب این روش می‌باشد. در انتها می‌توان گفت که با استفاده از تفسیرپذیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان این

[۱] Conditional Base Maintenance

[۲] Prognostics and Health Management

مشکلات را برطرف کرده و بهره‌وری و کیفیت سیستم‌های صنعتی را بهبود بخشید [۸]. رضائیان و همکاران به بررسی کاربردهای یادگیری عمیق در پیش‌بینی خرابی و مدیریت سلامت ماشین‌آلات پرداختند. در این مقاله، به بررسی مفهوم پیش‌بینی و مدیریت سلامتی پرداخته‌شده است. شبکه‌های عصبی عمیق به‌عنوان یک ابزار کارآمد برای پیش‌بینی و مدیریت سلامتی معرفی‌شده و به این موضوع اشاره‌شده است که این شبکه‌ها می‌توانند به‌طور خودکار اطلاعاتی را که از داده‌های حسگرها و دیگر منابع به دست می‌آید، تحلیل نموده و به‌صورت دقیق و مؤثر به پیش‌بینی و مدیریت سلامتی بپردازند. پژوهشگران نشان داده‌اند که شبکه‌های عصبی عمیق باعث بهبود قابل‌توجهی در عملکرد پیش‌بینی و مدیریت سلامتی شده‌اند. در انتها، چالش‌ها و فرصت‌های آینده در حوزه پیش‌بینی و مدیریت سلامتی با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق موردبررسی قرارگرفته است [۹].

با توجه به این مطالب، استفاده از هوش مصنوعی به‌عنوان یک راهکار مؤثر در بهبود نگهداری و تعمیرات در انقلاب صنعتی چهارم بسیار مهم است. درواقع، استفاده ازاین‌روش‌ها به شرکت‌ها کمک می‌کند تا هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را به حداقل برسانند و برای بهبود کارایی تجهیزات و افزایش بهره‌وری، برنامه‌های تعمیراتی مؤثرتری را طراحی کنند.

روش‌های مورداستفاده در هوش مصنوعی

شبکه‌های عصبی، درخت تصمیم، منطق فازی و پردازش تصویر ازجمله روش‌های هوش مصنوعی است که می‌توان در تعمیر و نگهداری دستگاه‌های صنعتی استفاده کرد. با استفاده از شبکه‌های عصبی می‌توان به‌طور دقیق‌تر و سریع‌تر به تعمیرات نیاز دستگاه‌ها پی برد. درخت تصمیم و منطق فازی نیز با تحلیل داده‌های سیستم، با ارائه یک سیستم قابل‌فهم و قابل‌استفاده‌تر در برابر کاربران، به تعمیر و نگهداری دستگاه‌ها کمک می‌کنند. در پردازش تصویر نیز می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی به تشخیص خطا در دستگاه‌های صنعتی پرداخت[۱۰].

شبکه‌های عصبی[۱]

شبکه‌های عصبی یکی از اصطلاحات پرکاربرد در حوزه یادگیری ماشین است که معمولاً به مدل‌هایی اشاره دارد که با تقلید از ساختار سلول‌های عصبی در مغز انسان طراحی‌شده‌اند. این مدل‌ها به‌منظور حل مسائل مختلفی مانند تشخیص الگو، تصویربرداری، ترجمه ماشینی، تشخیص گفتار و ... استفاده می‌شوند. در این مدل‌ها، ورودی‌ها از طریق لایه‌هایی از یک یا چندین نورون یا سلول عصبی عبور می‌کنند و درنهایت به یک یا چندین خروجی منجر می‌شوند. اطلاعات درون شبکه به‌صورت وزن‌دار ذخیره می‌شود و هنگامی‌که مدل به یک ورودی جدید مواجه می‌شود، محاسباتی روی این وزن‌ها انجام می‌شود تا خروجی مطلوب به دست آید. یکی از مزیت‌های این مدل‌ها نسبت به روش‌های سنتی، قابلیت یادگیری و بهبود خودکار آن‌ها است. به‌عنوان‌مثال، با ارائه‌ی داده‌های بیشتر به شبکه، وزن‌های آن به‌طور خودکار بهینه می‌شوند و دقت مدل افزایش می‌یابد. شبکه‌های عصبی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین هستند که توسط اتصالات بین عناصر خود، به شکل شبیه به ساختار مغز انسان عمل می‌کنند. این شبکه‌ها می‌توانند از داده‌های ورودی استخراج ویژگی کنند و با استفاده از این ویژگی‌ها، به پیش‌بینی‌هایی در مورد خرابی و نیاز به تعمیر دستگاه‌های صنعتی بپردازند [۱۱].

درخت تصمیم[۲]

درخت تصمیم یک روش یادگیری ماشین است که به‌صورت سلسله مراتبی از سؤالات و جواب‌ها برای یافتن یک راه‌حل نهایی استفاده می‌کند. در این روش، ابتدا داده‌ها به دسته‌بندی‌های مختلف تقسیم می‌شوند و با استفاده از این دسته‌بندی‌ها، درختی از سؤالات و جواب‌ها ساخته می‌شود. سپس با استفاده از این درخت، برای هر داده ورودی، پاسخ نهایی به دست می‌آید. این روش می‌تواند در پیش‌بینی خرابی و تعمیر دستگاه‌های صنعتی مفید باشد. درخت تصمیم یکی از روش‌های متداول در یادگیری ماشین است که برای حل مسائل طبقه‌بندی و پیش‌بینی استفاده می‌شود. این روش بر اساس ساختار درختی، مسیر تصمیم‌گیری را برای داده‌های ورودی ایجاد می‌کند و در هر گره از درخت، بر اساس یک ویژگی از داده‌ها تصمیم‌گیری می‌شود که آیا ورودی به یک گروه خاص تعلق دارد یا خیر. در ساختار درخت تصمیم، گره‌هایی با نام گره تصمیم و گره برگ وجود دارد. در گره تصمیم، بر اساس یکی از ویژگی‌های داده‌ها، یک شرط تعریف می‌شود و در صورت برقرار بودن آن شرط، به گره بعدی در درخت رفته می‌شود و در غیر این صورت، به گره برگی که به آن تعلق دارد، تعلق می‌گیرد. در گره برگ، پاسخ نهایی به مسئله تعیین می‌شود که در مسائل طبقه‌بندی، گروهی است که داده ورودی به آن تعلق دارد و در مسائل پیش‌بینی، مقدار پیش‌بینی‌شده برای ویژگی‌های خروجی محاسبه می‌شود. مزیت استفاده از درخت تصمیم، سادگی و قابل‌فهم بودن ساختار آن است که به کاربران کمک می‌کند تا از نتیجه‌ی پیش‌بینی به‌دست‌آمده، برای تصمیم‌گیری‌هایشان استفاده کنند. همچنین، در مسائلی که تعداد ویژگی‌ها بسیار زیاد است، این روش می‌تواند بهترین گزینه باشد [۱۲].

---

[۱] Neural Networks

[۲] Decision tree

منطق فازی[۱]

منطق فازی یک روش هوش مصنوعی است که برای بررسی و تحلیل داده‌هایی که دارای عدم قطعیت هستند، استفاده می‌شود. در این روش، عناصر داده‌ای مانند متغیرها، بازه‌های قطعی و غیرقطعی، به شکل مقادیر فازی توصیف می‌شوند. سپس با استفاده از قواعد فازی، به‌دست‌آمده از تجربیات و دانش خبرگان، به بررسی داده‌های ورودی پرداخته می‌شود. با استفاده ازاین‌روش، می‌توان بهترین تصمیمات را برای تعمیر و نگهداری دستگاه‌های صنعتی گرفت. منطق فازی یک نوع منطق ریاضی است که برای مدل‌سازی مفاهیمی که دارای پویایی و نامشخصی هستند، استفاده می‌شود. منطق فازی مفهوم پویایی را به مدل‌های ریاضی اضافه می‌کند که در منطق دو–وضعی وجود ندارد. در منطق دو–وضعی، ادعاها و سیستم‌ها تنها دو حالت دارند: درست یا غلط، بله یا خیر، ۱ یا ۰. در مقابل، منطق فازی به مفاهیمی که در آن‌ها حدود و مقادیر دقیق وجود ندارد، اشاره دارد. به‌عنوان‌مثال، در منطق دو–وضعی، یک گل یا قرمز است یا نیست؛ اما در منطق فازی، یک گل می‌تواند درجه‌ای از قرمزی داشته باشد و می‌تواند درجه‌ای از سبزی نیز داشته باشد. در منطق فازی، اعداد فازی برای مدل‌سازی استفاده می‌شوند. اعداد فازی مقادیری هستند که دارای یک درجه عضویت در یک مجموعه فازی هستند. به‌عنوان‌مثال، یک شخص می‌تواند ۸۰ درصد موفقیت در یک آزمون را داشته باشد. این میزان موفقیت در منطق دو–وضعی نمی‌تواند تعریف شود، چون این میزان بین درست و غلط قرار دارد؛ اما در منطق فازی، این مقدار به‌عنوان یک عدد فازی تعریف می‌شود که درجه عضویت ۸۰ درصد در مجموعه موفقیت‌ها را دارد. منطق فازی در بسیاری از کاربردهای علمی و صنعتی مانند کنترل خودکار، پردازش تصویر، مهندسی کامپیوتر، هوش مصنوعی و ... کاربرد دارد. به دلیل اینکه منطق فازی می‌تواند با مفاهیم نامشخص و پویایی مانند عوامل انسانی سازگار باشد، در بسیاری از کاربردهایی که با رفتار انسانی و سیستم‌های پویا سروکار دارند، مورداستفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، منطق فازی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌هایی که باید با توجه به چندین معیار انجام شود، کارآمد باشد. در این حالت، از ترکیب معیارهای مختلف با استفاده از روش‌های منطق فازی برای رسیدن به یک تصمیم نهایی استفاده می‌شود[۱۳].

پردازش تصویر[۲]

پردازش تصویر یکی از فناوری‌های مورداستفاده در صنعت نگهداری و تعمیر است که برای تشخیص و تحلیل مشکلات در تجهیزات و دستگاه‌های صنعتی مورداستفاده قرار می‌گیرد. در ادامه به توضیحاتی در این رابطه می‌پردازیم.

تشخیص خرابی‌های ماشین‌آلات: در صنایع تولیدی، تجهیزات و ماشین‌آلاتی که در فرآیند تولید استفاده می‌شوند، برای مانیتورینگ و نظارت به سیستم‌های پردازش تصویری نیاز است. با استفاده از پردازش تصویر می‌توان به‌راحتی خرابی‌ها و نقص‌های ماشین‌آلات را تشخیص داد و اقدام به تعمیر آن‌ها کرد.

تشخیص نقص در محصولات: پردازش تصویر به‌عنوان یکی از روش‌های کنترل کیفی، می‌تواند به تشخیص نقص در محصولات کمک کند. با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر می‌توان محصولات را در زمان تولید و بررسی کیفیت، به‌صورت خودکار و سریع، بررسی کرد. این کار می‌تواند هزینه‌های آزمون دستی و نیاز به نیروی انسانی را کاهش داده و همچنین دقت و کیفیت بررسی را افزایش دهد.

تشخیص حرکت و ردیابی: سیستم‌های پردازش تصویری می‌توانند با تشخیص حرکت، افراد و اشیا را ردیابی کنند. این کار می‌تواند در صنایع نظامی، امنیتی، حمل‌ونقل و... مفید باشد.

کاهش هزینه‌ها و زمان: استفاده از پردازش تصویر در صنعت، می‌تواند هزینه‌های نگهداری و تعمیر و همچنین زمان نگهداری و تعمیر را کاهش دهد. با تشخیص و تعمیر سریع خرابی‌ها، زمان توقف تجهیزات کاهش‌یافته و درنتیجه، بهبود بهره‌وری و افزایش سودآوری شرکت امکان‌پذیر خواهد بود.

کنترل کیفیت: پردازش تصویر به‌عنوان یکی از روش‌های کنترل کیفی، می‌تواند به تشخیص نقص در محصولات کمک کند. با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر، می‌توان محصولات را به‌صورت خودکار و سریع، بررسی کیفیت بررسی کرد و در صورت وجود نقص، به‌صورت سریع بهبود آن‌ها را انجام داد. این کار می‌تواند هزینه‌های آزمون دستی و نیاز به نیروی انسانی را کاهش داده و همچنین دقت و کیفیت بررسی را افزایش دهد.

تشخیص شیء و تحلیل تصویر: پردازش تصویر، می‌تواند در تشخیص شیء و تحلیل تصاویر مفید باشد. به‌طور مثال، در تصاویر پزشکی، می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر، نقاط عطفی را تشخیص داد و بیماری‌های مختلف را تشخیص داد. همچنین در روباتیک، می‌توان با استفاده از تصاویر و ویدئوها، تشخیص حرکت و کاربرد دیگر روبات‌ها را بهبود داد.

در کل، پردازش تصویر به‌عنوان یکی از روش‌های پیشرفته‌ی فنّاوری، در صنایع مختلف می‌تواند برای بهبود فرآیندها، افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها مفید باشد. پردازش تصویر یک روش هوش مصنوعی است که برای تحلیل و پردازش تصاویر دوربین‌ها استفاده می‌شود. با استفاده ازاین‌روش، می‌توان تصاویر دوربین را برای تشخیص عیب و خرابی در دستگاه‌های صنعتی مورداستفاده قرارداد. این روش می‌تواند در شناسایی خطاها و خرابی‌های دستگاه‌های صنعتی بسیار مفید باشد.

---

[۱] Fuzzy logic

[۲] Image processing

پردازش تصویر به معنای انجام عملیات روی تصاویر دیجیتالی باهدف استخراج اطلاعات یا بهبود کیفیت تصویر است. درواقع، تصویر دیجیتالی مجموعه‌ای از پیکسل‌ها است که هرکدام دارای یک مقدار شدت رنگ یا خاکستری می‌باشد. پردازش تصویر به کار می‌رود تا بتوانیم از تصاویر اطلاعاتی مفید استخراج‌کنیم. با استفاده از پردازش تصویر، می‌توان تصاویری که دارای نویز هستند را تمیزتر کرد و کیفیت آن‌ها را بهبود داد. پردازش تصویر در بسیاری از حوزه‌های علمی و صنعتی مورداستفاده قرار می‌گیرد[۱۴].

کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه نگهداری و تعمیر

هوش مصنوعی به دلیل قابلیت‌های خود در تحلیل داده‌ها و ارائه پیش‌بینی‌های دقیق، درزمینه تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی و ماشین‌آلات، کاربردهای بسیاری دارد. برخی از این کاربردها عبارت‌اند از:

تشخیص خطا: از روش‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه شبکه‌های عصبی، می‌توان برای تشخیص خطا در تجهیزات صنعتی استفاده کرد. برای مثال، با استفاده از داده‌های حسگرهای نصب‌شده در یک دستگاه، شبکه عصبی می‌تواند نشان دهد که آیا دستگاه در حال حاضر خراب است یا خیر.

تشخیص عیوب: برای شناسایی عیوب در تجهیزات صنعتی، می‌توان از شبکه‌های عصبی و پردازش تصویر استفاده کرد. به‌عنوان‌مثال، با استفاده از تصاویر گرفته‌شده از قطعات تجهیزات، می‌توان با استفاده از شبکه‌های عصبی، عیوب را شناسایی و موقعیت آن‌ها را تعیین کرد.

پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی: با استفاده از روش‌های پردازش داده‌ها و شبکه های عصبی، می‌توان پیش‌بینی خرابی های احتمالی در تجهیزات را انجام داد. برای مثال، با استفاده از داده‌های حسگرهای نصب‌شده در یک دستگاه، می‌توان با استفاده از شبکه عصبی، خرابی‌های آینده را پیش‌بینی کرد.

بررسی سلامتی تجهیزات: با استفاده از روش‌های پردازش داده‌ها و شبکه‌های عصبی، می‌توان سلامتی تجهیزات را بررسی کرد. برای مثال، با استفاده از حسگرهای نصب شده در یک دستگاه، می‌توان با استفاده از شبکه عصبی، وضعیت تجهیزات را بررسی کرد و در صورت لزوم، تعمیر و نگهداری انجام داد.

نتایج

بررسی نتایج به‌دست‌آمده از استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری، نشان می‌دهد که این روش می‌تواند به‌صورت قابل‌توجهی زمان و هزینه‌های نگهداری و تعمیر را کاهش دهد. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، تشخیص خطا، تشخیص عیوب، پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی و بررسی سلامتی تجهیزات به‌صورت خودکار انجام می‌شود. این روش می‌تواند دقت بیشتری در تشخیص عیوب و پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی به ازای هزینه کمتری ارائه دهد.

بااین‌حال، معایبی نیز وجود دارد. یکی از مهم‌ترین معایب استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری این است که میزان دقت ارائه‌شده وابسته به داده‌هایی است که در اختیار آن قرار می‌گیرد. درصورتی‌که داده‌های ورودی ناقص و یا نادرست باشند، دقت روش هوش مصنوعی به‌شدت کاهش می‌یابد. همچنین، برای استفاده ازاین‌روش نیازمند دانش و تجربه کافی درزمینه هوش مصنوعی و یادگیری ماشین است[۱۵].

ازجمله مزیت‌های استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری، تشخیص خطا و پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی، به‌ویژه در دستگاه‌های دارای قطعات چرخنده، معرفی‌شده است. برخی از معایب نیز شامل نیاز به داده‌های کافی و تعریف و تنظیم درست مدل‌های هوش مصنوعی و وجود محدودیت‌های زمانی و سرعتی در پردازش داده‌ها برای استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری، بیان گردیده است [۱۶].

در مقالات مختلفی در حوزه تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی و ماشین‌آلات، به بررسی نتایج استفاده از هوش مصنوعی پرداخته‌شده است. در این مطالعات نتایج به‌دست‌آمده از استفاده از شبکه‌های عصبی برای تشخیص خطا در تجهیزات صنعتی به‌صورت جزئیات بیان‌شده، همچنین مزایا و معایب استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی موردبحث قرارگرفته‌اند. در بررسی نتایج استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی، مزایایی همچون دقت بالا، سرعت بیشتر در تشخیص خطا، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری ماشین‌آلات ذکر می‌شوند. از طرفی، معایبی همچون نیاز به داده‌های بسیار زیاد برای آموزش شبکه‌های عصبی و اطلاعات دقیق درباره تجهیزات صنعتی برای بهبود دقت پیش‌بینی خرابی‌ها بیان‌شده است.

استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی و ماشین‌آلات، به دلیل قابلیت‌های خود در تحلیل داده‌ها و ارائه پیش‌بینی‌های دقیق، به یک روش محبوب برای افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها تبدیل‌شده است. بااین‌حال، همان‌طور که هر روش دیگری دارای مزایا و معایب است، استفاده از هوش مصنوعی نیز همراه با برخی محدودیت‌ها و مسائل است.

مزایای استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری عبارت‌اند از:

- دسترسی به داده‌های بیشتر: استفاده از هوش مصنوعی به‌عنوان روش تحلیل داده، به تولید داده‌های بیشتر از طریق حسگرها و سیستم‌های مرتبط کمک می‌کند.
- پیش‌بینی و جلوگیری از خرابی: با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان خرابی‌های احتمالی در تجهیزات را پیش‌بینی کرده و با جلوگیری از آن‌ها، هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش داد. این

کار با استفاده از پایش وضعیت قسمت‌های مختلف با استفاده از حسگرها، پردازش تصویر و یا پردازش صدای قطعات مختلف صورت می‌پذیرد.

- بهبود زمان تعمیر: با شناسایی سریع و دقیق خطاها، تشخیص دقیق عیب و قطعات معیوب، می‌توان زمان تعمیر را کاهش داده و تجهیزات را سریع‌تر به حالت آماده‌به‌کار بازگرداند.
- افزایش بهره‌وری: با کاهش زمان تعمیر و تغییرات بیشتری در تجهیزات، بهره‌وری افزایش می‌یابد و تولید صنعتی بهبود می‌یابد.
- تکرارپذیری: هوش مصنوعی در تحلیل داده‌ها و ارائه پیش‌بینی‌ها بسیار دقیق است، اما در برخی موارد، ممکن است برای تمام تجهیزات و شرایط قابل‌اجرا نباشد. هر دستگاه با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های خود نیازمند روشی منحصربه‌فرد از پیاده‌سازی است که این امر هزینه‌های نصب تجهیزات را افزایش می‌دهد.
- هزینه‌های ابتدایی: برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری، باید سرمایه‌گذاری اولیه انجام شود. این سرمایه‌گذاری شامل نصب تجهیزات جدید، حسگرها و سیستم‌های رایانه‌ای است که ممکن است برای برخی شرکت‌ها به دلیل هزینه‌های آن امکان‌پذیر نباشد.
- حریم خصوصی: در برخی موارد، استفاده از هوش مصنوعی به معنی استفاده از داده‌های حساس، مانند اطلاعات مشتریان و تجهیزات، است که ممکن است حریم خصوصی و در برخی موارد، امنیت را به خطر بیاندازد.
- آموزش: برای استفاده مؤثر از هوش مصنوعی، گروه‌های تخصصی و آموزش‌دیده موردنیاز می‌باشد که در برخی شرکت‌ها و کارخانه‌ها ممکن است به دلیل محدودیت‌ها امکان‌پذیر نباشد.

استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی و ماشین‌آلات برای بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها بسیار مفید است، اما ممکن است با برخی محدودیت‌ها همراه باشد[۱۷].

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی و ماشین‌آلات، به دلیل دسترسی به داده‌های بیشتر، پیش‌بینی و جلوگیری از خرابی‌های احتمالی، بهبود زمان تعمیر، افزایش بهره‌وری و بهبود عملکرد تجهیزات، اهمیت زیادی دارد. با استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری، می‌توان هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش داد و بهبود مداوم در تولید صنعتی را فراهم کرد. درنتیجه، این روش در صنعت به‌عنوان یک ابزار قابل‌اعتماد شناخته‌شده است که بهبود کارایی و بهره‌وری در تعمیر و نگهداری تجهیزات را فراهم می‌کند. این روش با ارائه تحلیل دقیق داده‌ها و پیش‌بینی‌های صحیح، می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری و بهبود تولید صنعتی شود. همچنین، استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند زمان تعمیر را کاهش داده و بهبود فرآیند نگهداری را به دنبال داشته باشد. ازاین‌رو، استفاده از هوش مصنوعی در صنعت و تعمیر و نگهداری تجهیزات، اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌تواند بهبود عملکرد صنعتی و افزایش سودآوری را به همراه داشته باشد.

به‌طور خلاصه، استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی و ماشین‌آلات، باعث بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت می‌شود. این روش امکان دسترسی به داده‌های بیشتر و پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی را فراهم می‌کند و به زمان تعمیر و تغییرات کمک می‌کند. با توجه به اهمیت تعمیر و نگهداری صحیح تجهیزات در صنایع مختلف، استفاده از هوش مصنوعی برای بهبود کارایی و افزایش بهره‌وری، از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌طورکلی، با توجه به پتانسیل‌های هوش مصنوعی درزمینه تعمیر و نگهداری، انتظار می‌رود که استفاده ازاین‌روش در آینده بیشتر شود و کاربردهای بیشتری در صنایع مختلف داشته باشد. استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی و ماشین‌آلات می‌تواند به‌عنوان یک روش کارآمد برای کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از خرابی تجهیزات در صنایع مختلف مورداستفاده قرار گیرد. این روش می‌تواند به دلیل قابلیت‌های خود در تحلیل داده‌ها، پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی، کاهش زمان تعمیر و افزایش بهره‌وری به دلیل دسترسی به داده‌های بیشتر، مؤثر باشد. همچنین، استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری می‌تواند ازاین‌پس از اهمیت بیشتری برخوردار شود، زیرا که ماشین‌ها و تجهیزات صنعتی با توجه به پیشرفت فنّاوری، به شکلی پیچیده‌تر و پیشرفته‌تر ساخته می‌شوند. درنتیجه، استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری می‌تواند به‌عنوان یک راهکار اساسی برای بهبود کارایی تجهیزات و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری در صنایع مختلف، مورداستفاده قرار گیرد.

به‌طورکلی، هوش مصنوعی به‌عنوان یک فناوری قدرتمند می‌تواند در بهبود کارایی، افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی مؤثر باشد. همچنین، به دلیل پیشرفت فنّاوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی، این فناوری در آینده بیشتر به کار گرفته خواهد شد. با توجه به رشد روزافزون فنّاوری‌های هوش مصنوعی و افزایش استفاده از آن در حوزه‌های مختلف صنعتی، پیشنهاد می‌کنیم تحقیقات در حوزه استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری صنعتی انجام پذیرد. در ادامه عناوین و موضوعات تحقیقاتی که می‌توان درزمینه استفاده از هوش مصنوعی در نگهداری و تعمیر انجام داد را به‌صورت پیشنهاد ارائه می نمائیم.

- توسعه الگوریتم‌هایی جهت پیش‌بینی خرابی تجهیزات و ماشین‌آلات با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی.
- ارائه روش‌های جدیدی برای تشخیص و تعمیر خودکار خرابی‌های تجهیزات صنعتی با استفاده از هوش مصنوعی.

- بررسی تأثیر افزودن داده‌های جدید به الگوریتم‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی خرابی و بهبود عملکرد تجهیزات.
- بررسی اثر تغییرات دمای محیط و شرایط نوری بر کارایی الگوریتم‌های هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری.
- بررسی تأثیر استفاده از شبکه‌های عصبی پیچشی در تشخیص خرابی‌های تجهیزات صنعتی.
- ارزیابی تأثیر استفاده از هوش مصنوعی بر بهره‌وری و هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی.
- پژوهش درزمینه توسعه سیستم‌های هوشمند تعمیر و نگهداری که با استفاده از هوش مصنوعی، به‌طور خودکار خرابی‌ها را شناسایی و رفع کنند.
- بررسی تأثیر استفاده از روش‌های تشخیص خرابی خودکار در کاهش زمان تعمیر تجهیزات و افزایش بهره‌وری.
- مطالعه جامعی درزمینه استفاده از هوش مصنوعی در تعمیر و نگهداری پیشرفته تجهیزات صنعتی، مانند ربات‌های هوشمندی که می‌توانند به‌صورت خودکار خرابی‌ها را شناسایی و تعمیر کنند.
- مطالعه و طراحی سامانه‌های هوشمند برای کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند جهت تشخیص خرابی‌های مختلف، تخمین عمر دستگاه‌ها و محاسبه سررسید تعویض قطعات و تجهیزات.
- بررسی تأثیر هوش مصنوعی در کاهش زمان تعمیر و افزایش بهره‌وری با ارائه الگوریتم‌هایی برای شناسایی خرابی‌ها و بهبود فرایند تعمیرات.
- تحقیق درزمینه استفاده از سامانه‌های هوشمند برای مانیتورینگ و کنترل تجهیزات صنعتی به‌صورت خودکار.
- بررسی تأثیر هوش مصنوعی در پیش‌بینی خرابی و تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات صنعتی و افزایش عمر مفید آن‌ها.
- پژوهش درزمینه بهبود سیستم‌های پیشگیری از خرابی تجهیزات با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند جهت پیش‌بینی خرابی‌های محتمل و اتخاذ اقدامات پیشگیرانه.
- بررسی تأثیر هوش مصنوعی در بهبود تجربه کاربری کارکنان تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعتی، افزایش دقت و سرعت تشخیص خرابی‌ها و بهبود فرایند تعمیرات.
- استفاده از هوش مصنوعی در تحلیل داده‌های تعمیر و نگهداری جهت بهبود فرایند تصمیم‌گیری و تعیین اولویت تعمیرات.

مراجع

[۱] K. A. Kobbacy, "Application of artificial intelligence in maintenance modelling and management," *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 45, no. 31, pp. 54-59, 2012.

[۲] J. Rafiee, F. Arvani, A. Harifi, and M. Sadeghi, "Intelligent condition monitoring of a gearbox using artificial neural network," *Mechanical systems and signal processing*, vol. 21, no. 4, pp. 1746-1754, 2007.

[۳] O. AlShorman *et al.*, "A review of artificial intelligence methods for condition monitoring and fault diagnosis of rolling element bearings for induction motor," *Shock and vibration*, vol. 2020, pp. 1-20, 2020.

[٤] P. Dixit, P. Bhattacharya, S. Tanwar, and R. Gupta, "Anomaly detection in autonomous electric vehicles using AI techniques: A comprehensive survey," *Expert Systems*, vol. 39 ,no. 5, p. e12754, 2022.

[٥] N. Chen, Z.-S. Ye, Y. Xiang, and L. Zhang, "Condition-based maintenance using the inverse Gaussian degradation model," *European Journal of Operational Research*, vol. 243, no. 1, pp. 190-199, 2015.

[٦] S. Ochella, M. Shafiee, and F. Dinmohammadi, "Artificial intelligence in prognostics and health management of engineering systems," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 108, p. 104552, 2022.

[۷] G. A. Susto, A. Schirru, S. Pampuri, S. McLoone, and A. Beghi, "Machine learning for predictive maintenance: A multiple classifier approach," *IEEE transactions on industrial informatics*, vol. 11, no. 3, pp. 812-820, 2014.

[۸] J. Sharma, M. L. Mittal, and G. Soni, "Condition-based maintenance using machine learning and role of interpretability: a review," *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, pp. 1-16, 2022.

[۹] B. Rezaeianjouybari and Y. Shang, "Deep learning for prognostics and health management: State of the art, challenges, and opportunities," *Measurement*, vol. 163, p. 107929, 2020.

[۱۰] A. Jamwal, R. Agrawal, M. Sharma, A. Kumar, V. Kumar, and J. A. A. Garza-Reyes, "Machine learning applications for sustainable manufacturing: A bibliometric-based review for future research," *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 35, no. 2, pp. 566-596, 2022.

[۱۱] P. Twardowski, M. Tabaszewski, M. Wiciak–Pikuła, and A. Felusiak-Czyryca, "Identification of tool wear using acoustic emission signal and machine learning methods," *Precision Engineering*, vol. 72, pp. 738-744, 2021.

[۱۲] Y. S. Abu-Mostafa, M. Magdon-Ismail, and H.-T. Lin, *Learning from data*. AMLBook New York, 2012.

[۱۳] G. Chen, T. T. Pham, and N. Boustany, "Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems," *Applied Mechanics Reviews*, vol. 54, no. 6, pp. B102-B103, 2001.

[۱٤] R. C. Gonzales and P. Wintz, *Digital image processing*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1987.

[۱٥] A. T. Keleko, B. Kamsu-Foguem, R. H. Ngouna, and A. Tongne, "Artificial intelligence and real-time predictive maintenance in industry 4.0: a bibliometric analysis," *AI and Ethics*, vol. 2, no. 4, pp. 553-577, 2022.

[۱٦] R. Liu, B. Yang, E. Zio, and X. Chen, "Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: A review," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 108, pp. 33-47, 2018.

[۱۷] Y. Chen and F. Zeng, "Dark Side of Digitalisation: Discussion on Digital Assets Leakage and Its Protection Mechanisms in Operations and Supply Chain Research," in *Responsible Innovation Management*: Springer, 2022, pp. 65-78.