نقش هوش مصنوعی در شبکه‌های توزیع شده

نیایش ابراهیمی [*۱،۰]، ستاره امیری [۲]

۱- دانشجوی کاردانی رشته شبکه، گروه کامپیوتر، دانشکده شریعتی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.

NiayeshEbrahimi21@gmail.com

۲- مدرس گروه کامپیوتر، دانشکده شریعتی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران. Amirisetareh06@gmail.com

چکیده

سیستم‌های توزیع‌شده، به‌عنوان زیرساخت‌های کلیدی فناوری مدرن، امکان مدیریت بارهای کاری پیچیده و ارائه خدمات مقیاس‌پذیر را در حوزه‌هایی نظیر محاسبات ابری، اینترنت اشیا، و پایگاه‌های داده توزیع‌شده فراهم می‌کنند. این مقاله مروری ویژگی‌ها، چالش‌ها، و راهکارهای مدیریت این سیستم‌ها را بررسی می‌کند و نقش هوش مصنوعی (AI) در بهبود کارایی و امنیت آن‌ها را تحلیل می‌نماید. سیستم‌های توزیع‌شده با اهداف مشترکی مانند دسترسی به منابع، شفافیت، باز بودن، و مقیاس‌پذیری، از کامپیوتر های مستقل تشکیل شده‌اند که به صورت منسجم عمل می کنند. با این حال، پیچیدگی های مدیریتی، حفظ سازگاری داده‌ها، و تهدیدات امنیتی، موانع اصلی در طراحی و پیاده‌سازی این سیستم‌ها هستند. این مطالعه راهکارهایی نظیر پروتکل‌های هماهنگی، ابزارهای مانیتورینگ هوشمند، و مکانیزم‌های تحمل خطا را ارزیابی می‌کند و نشان می‌دهد که هوش مصنوعی با بهینه‌سازی تخصیص منابع، تشخیص ناهنجاری‌ها، و تعادل بار، عملکرد سیستم را ارتقا می‌دهد. هدف این مقاله ارائه دیدگاهی جامع از پیشرفت‌های اخیر، شناسایی شکاف‌های دانش، و پیشنهاد جهت‌گیری‌های آینده برای توسعه سیستم‌های توزیع‌شده است. نتایج این مرور بر اهمیت ادغام هوش مصنوعی در مدیریت این سیستم‌ها تأکید دارد تا چالش‌های موجود را کاهش داده و قابلیت اطمینان و امنیت را بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: سیستم‌های توزیع‌شده، شبکه، مدیریت، هوش مصنوعی

۱. مقدمه

سیستم‌های توزیع‌شده به‌عنوان یکی از ارکان اصلی فناوری مدرن، نقش محوری در توسعه زیرساخت‌های دیجیتال نظیر محاسبات ابری، اینترنت اشیا، و پایگاه‌های داده توزیع‌شده ایفا می‌کنند. این سیستم‌ها، متشکل از مجموعه‌ای از کامپیوترهای مستقل که به‌صورت یکپارچه عمل می‌کنند، امکان دسترسی به منابع از راه دور و مدیریت بارهای کاری پیچیده را فراهم می‌سازند. با این حال، پیچیدگی‌های ذاتی این سیستم‌ها، از جمله چالش‌های مدیریت، حفظ سازگاری داده‌ها، نیاز به بررسی عمیق و ارائه راهکارهای نوآورانه را بیش از پیش آشکار می‌سازد. همچنین، پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی و کاربرد آن در بهینه‌سازی مدیریت این سیستم‌ها، توجه گسترده پژوهشگران را به خود جلب کرده است.

این مقاله مروری بر اساس جستجوی گسترده در پایگاه‌های علمی معتبر و بررسی بیش از ۳۰ مقاله مرتبط

تهیه شده است که پس از گزینش دقیق، ۱۰ مقاله کلیدی برای تحلیل و تحقیق نهایی انتخاب شدند. در ادامه، این مقاله به بررسی موضوعاتی نظیر معرفی سیستم‌های توزیع‌شده و ماهیت آن، مدیریت سیستم ها به صورت شبکه،کاربردهای هوش مصنوعی در بهینه‌سازی این سیستم‌ها می‌پردازد.

۲. ماهیت سیستم‌های توزیع شده

سیستم های توزیع شده مجموعه ای از کامپیوترهای مستقل (Independent) است که از دید کاربر به صورت یک سیستم منسجم (Coherent)به نظر میرسد. این کامپیوترها قطعات خودمختاری (Collaborate)هستند که با هم در تعامل میباشند. همکاری بین قطعات خود مختار به نحوی که کاربران یا برنامه ها فکر کنند تنها با یک سیستم سر و کار دارند. از ویژگی های سیستم های توزیع شده، پنهان بودن جزئیات از دید کاربر، تعامل با سیستم، وجود لایه میان افزار در جهت ایجاد ارتباط منطقی OS (Operating system) با نرم افزارهای توزیعی که بین ماشین های توزیع شده است و وجود محیط شبکه برای برقراری تعامل و ارتباط، پیچیدگی بیشتر نسبت به سیستم عامل های شبکه، ارتباط ضعیف (Looselly Coupled)که برای این سیستم ها یک مزیت محسوب میشود چون به معنای وابسته نبودن سیستم ها به همدیگر است. از اهداف مشترک این سیستم ها دسترسی به منابع(Resource Accessible)، شفافیت(Transparency)، باز بودن(Openness)، مقیاس پذیری (Scalability) است.(Maarten van Steen et al., January 2025)

در دنیای حال سیستم های توزیع شده بسیار پرکاربرد شده و نقش مهمی را در جامعه مدرن ایفا میکند. انواع سیستم های توزیع شده از جمله، پایگاه داده توزیع شده، سیستم های هماهنگی توزیع شده و محاسبات توزیع شده در زمینه ها مختلف مالی، خرید آنلاین . حمل و نقل و.. به طور گسترده استفاده میشوند. این سیستم ها میتوانند قابلیت اطمینان (Reliability)و در دسترس بودن (Availability) بالاتری نسبت به نرم افزار های مستقل دیگر داشته باشند و معمولا از طرح های پیچیده ای استفاده میکنند و با عدم قطعیت هایی مثل پیام های شبکه ، درخواست های کاربر و خطاهای خارجی مواجه میشوند. بنابراین اشکالات پیچیده ای در طراحی و پیاده سازی سیستم های توزیع شده وجود داشته باشد و قابلیت اطمینان و در دسترس بودن را به چالش بکشند.(Dong Wang et al., 2023)

سیستم های توزیع شده یک عنصر اساسی از چشم انداز محاسباتی مدرن هستند. اجرای صحیح یک سرویس توزیع شده مقیاس پذیر (Scalable)و قابل تحمل خطا (Fault Tolerant)چالش برانگیز است.این سیستم ها باید ماشین های خراب و شرایط نامطلوب شبکه را بدون نقض محدودیت های صحت، از دست دادن داده ها یا به خطر انداختن عملکرد، تحمل کنند(Ellis Michael et al., 2019)

در سیستم های توزیع شده داده ها و منابع در چندین سرور یا چندین مکان فیزیکی توزیع میکند. در عین حال که این عمل مقیاس پذیری و قابلیت اطمینان را افزایش میدهد زیرا در صورت قطعی و یا خرابی قطعه یا سیستمی میتواند به راحتی کار خود را انجام دهد و اختلالی در فرایند کاری آن ایجاد نمیشود، امنیت و مدیریت کردن آن را به دلیل تعدد سیستم ها و نقاط تعامل مشکل تر میکند. سیستم های توزیع شد میتوانند به راحتی با افزودن بیشتر گره ها (Nodes)و بدون نیاز به پیکربندی پیچیده رشد کنند و مدیریت شوند.همچنین بار های کاری بین سیستم ها تقسیم میشود و باعث میشود که کار ها سریعتر انجام شوند و عملکرد سیستم بهبود یابد(GFG-13 Nov, 2024).

همانطور که اشاره شد سیستم های توزیع شده چهار هدف مشترک دارند. هدف اصلی سیستم های توزیعی این است که منابع بتوانند از راه دور به یکدیگر دسترسی داشته باشند و بتوانند به اشتراک بگذارند. این امر باعث مبادله آسان اطلاعات

و صرفه جویی اقتصادی بشود. هدف عمده یک سیستم توزیع شده پنهان کردن این حقیقت است که پردازنده ها و منابع آن به صورت فیزیکی در کامپیوتر های متعدد توزیع شده اند. سیستمی که بتواند خودش را به عنوان یک سیستم به کاربر نشان دهد شفافیت نام میگیرد. از اهداف بعدی آن ارائه سرویس ها بر اساس قواعد استاندارد است. سیستم ها باید نحو(Syntax) و معنا دار بودن (semantic) در قوانین را رعایت کنند.هدف نهایی آن ها که مقیاس پذیری است، در سه بعد دامنه، اندازه، جغرافیایی مورد بحث قرار میگیرد.(Maarten van Steen et al., January 2025)

۳. مدیریت سیستم‌های توزیع شده بصورت شبکه

در سیستم های توزیع شده مدیریت برای اطمینان از قابلیت اطمینان و امنیت آنها اجرایی میشود. مدیریت آنها شامل نظارت بر عملکرد اجزاء و گره های در شبکه میباشد که باعث بهبود عملکرد سیستم ها وشبکه میشود. در این سیستم ها از گره های زیادی با منابع متفاوت مانند حافظه، CPU، دیسک و... استفاده شده است . تخصیص منابع (Resource Allocation)در این سیستم ها در جهت پردازش بار کاری بدون ایجاد گلوگاه انجام میشود که در شبکه آنها با انتخاب هوشمندانه در پهنای باند و ظرفیت کانال آن بهره وری شبکه را بالا میبرند. مکانیسم های متعادل کننده بار موثر به طور پویا تخصیص منابع را بر اساس حجم کاری فعلی و شرایط سیستم در بین گره ها تنظیم می کنند تا استفاده بهینه از منابع را تضمین کند. گره ها ممکن است به دلایل مختلف مانند نقص در سخت افزار، نرم افزار و یا مشکلات شبکه ای درچار خرابی شوند که با اجرای مکانیسم های تحمل خطا مانند افزونگی، تکرار و ... به حداقل رساند(GFG-05 Jul, 2024).

یکی دیگر از بخش هایی که در آن مدیریت صورت میگیرد، طراحی معماری‌های مقیاس‌پذیر و به‌کارگیری تکنیک‌های مقیاس‌پذیری مانند مقیاس‌بندی افقی (افزودن گره‌های بیشتر) و مقیاس‌بندی عمودی (به‌روزرسانی منابع گره) برای حمایت از رشد بدون به خطر انداختن عملکرد است. پیاده سازی مدل های سازگاری، تراکنش های توزیع شده و پروتکل های هماهنگی برای اطمینان از یکپارچگی داده ها، انسجام و هماهنگی بین گره ها از الزامات مدیریتی در این سیستم ها میباشد . (GFG-05 Jul, 2024)

سیستم های توزیعی به دلیل عدم وجود حافظه مشترک در آنها ارتباط در این سیستم ها با ارسال و دریافت پیام ها میباشد. سیستم ها توزیعی برای ارسال پیام ابتدا یک پیام در فضای آدرس خود میسازد و سپس یک فراخوان سیستمی را انجام میدهد که منجر به ارسال پیام بر بستر شبکه توسط سیستم عامل میشود. سیستم ها تحت پروتکل OSI با یکدیگر ارتباط برقرار میکنند. از دید پروتکل OSI تمام سیستم های توزیع شده حکم اپلیکیشن را دارند. پروتکل میان افزار که در لایه اپلیکیشن وجود دارد، شامل پروتکل هایی است که تضمین میکند این لایه ها مستقل از لایه های دیگر عمل میکنند. این پروتکل یک واسط بین سخت افزار و اپلیکیشن است. در سیستم های توزیعی از تلفیق لایه جلسه (session) و لایه نمایش(presentation) در مدل OSI لایه Middleware ایجاد میشود.(Maarten van Steen et al., January 2025)

۴. چالش های موجود بر سر راه مدیریت سیستم‌های توزیع شده و راهکارهای آنها

یکی از بارزترین مشخصه های وجود تعداد زیادی گره، سرویس و اجزای مستقل است که با یکدیگر در تعامل هستند. این اجزا از نظر سخت افزاری و نرم افزاری و حتی موقعیت جغرافیایی متفاوت هستند. که این امر باعث افزایش سطح پیچیدگی در مدیریت، اشکال‌زدایی و توسعه‌ی سیستم می‌شود.برای رفع این چالش نیاز به ابزارهای اتوماسیون و مانیتورینگ هوشمند می باشد. چالش بعدی با توجه به وجود گره های زیاد، حفظ سازگاری داده ها در سیستم های توزیع شده، به ویژه

در مواجهه با به روزرسانی همزمان و خرابی احتمالی یکی از بزرگترین چالش های فنی به شمار می آید. این چالش را با پروتکل های هماهنگی مانند Paxos یاRaft و همگام سازی پیشرفته میتوان رفع کرد. سیستم های توزیع شده به دلیل اینکه در بستر شبکه فعالیت میکنند، عموما در معرض حملات قرار میگیرند. این مسئله امنیت سیستم ها را کاهش میدهد. تضمین محرمانگی و صحت اطلاعات مستلزم به‌کارگیری روش‌های رمزنگاری قوی در ارتباطات میان گره‌ها است. علاوه بر این، استفاده از مکانیزم‌های احراز هویت دقیق، کنترل دسترسی سطح‌بندی‌شده، و سامانه‌های تشخیص نفوذ از جمله اقدامات ضروری است(GFG-05 Jul, 2024) .

سیستم های توزیع شده با توجه به ماهیت آنها یادگیری نسبتا دشواری دارند و برای نوشتن کد های صحیح معمولا با مشکل مواجه میشوند. یک سیستم توزیع شده در چارچوب DSLabs از گروهی از گره ها تشکیل شده است. هر گره می تواند به حافظه خود دسترسی داشته باشد،با ارسال و دریافت پیام با گره های دیگر ارتباط برقرار کند و تایمرهایی را تنظیم کند تا پس از سپری شدن مدت زمان مشخصی اقدامی انجام دهند. یک برنامه نویس یک پروتکل توزیع شده را با تعریف کنترل کننده های پیام تایمرو همچنین تعریف یک کنترل کننده ویژه برای رویداد اولیه، پیاده سازی می کند.(Ellis Michael et al., 2019)

از مشکلات مدیریتی سیستم های توزیع شده میتوان به شکاف بین مشخصات و اجرای آن اشاره کرد .گروهی از پژوهشگران برای پر کردن این شکاف مدلی را تحت عنوان تست صحت پیاده سازی سیستم های توزیع شده و کشف اشکالات ناشناخته ایجاد کردند. در این مدل سعی بر این بود که شکاف بین مشخصات رسمی سیستم های توزیع شده و اجرای واقعی آن رفع شود. در واقع Mocket تضمین می کند که کد واقعی همان رفتاری را دارد که در مدل های رسمی تعریف شده است.روش کار این مدل بر اساس TLA+ طراحی شده است که یک زبان مدل‌سازی رسمی برای مشخص کردن رفتار سیستم‌های توزیع‌شده است. آنها بیشتر تعیین میکنند که آیا می توان اقدام را براساس دستور عمل در مورد آزمایشی برنامه ریزی کرد یا خیراگر در طول این آزمایش کنترل شده، واگرایی پیدا کنند، یک اشکال احتمالی را گزارش خواهند کرد. (Dong Wang et al., 2023)

۵. نقش هوش مصنوعی در مدیریت سیستم‌های توزیع شده و چگونگی آن

در حال حاضر حوزه مورد بحث افراد مختلف، هوش مصنوعی و کاربرد آن در زمینه های مختلف است. همانطور که تا به حال هوش مصنوعی در اکثریت زمینه ها نفوذ پیدا کرده است؛ در زمینه سیستم های توزیع شده و شبکه های کامپیوتری هم نقش و هدفی دارد.

در کتاب هوش مصنوعی: رویکرد مدرن (چاپ سوم) [*] چهار تعریف متفاوت از هوش مصنوعی نوشته شده است:

- **تفکر انسانی** :این رویکرد بر شبیه‌سازی توانایی‌های ذهنی انسان در رایانه‌ها متمرکز است. هدف آن توسعه سیستم‌هایی است که بتوانند فعالیت‌هایی نظیر تصمیم‌گیری، حل مسئله، و یادگیری را به شیوه‌ای مشابه انسان انجام دهند، به‌گونه‌ای که ماشین‌ها قادر به تفکر مانند ذهن انسان باشند. (Haugeland, 1985; Bellman, 1978)
- **عقلانی فکر کردن** :این حوزه به مطالعه و مدل‌سازی قوای ذهنی از طریق رویکردهای محاسباتی می‌پردازد. تمرکز آن بر طراحی سیستم‌هایی است که بتوانند فرآیندهای شناختی مانند درک، استدلال، و عمل را با استفاده از مدل‌های محاسباتی پیاده‌سازی کنند.(Charniak & McDermott, 1985; Winston, 1992)

[*] Artificial Intelligence: A Modern Approach 3rd Edition

- **رفتار انسانی** :هدف این رویکرد، طراحی ماشین‌هایی است که بتوانند وظایفی را انجام دهند که به‌طور معمول نیازمند هوش انسانی هستند. این شامل ساخت سیستم‌های کامپیوتری است که در فعالیت‌هایی که انسان‌ها در آن‌ها مهارت دارند، عملکردی مشابه یا حتی برتر از انسان ارائه دهند (Kurzweil, 1990; Rich & Knight, 1991)
- **عملکرد منطقی** :این رویکرد بر مطالعه و طراحی عوامل هوشمند تمرکز دارد که می‌توانند به‌صورت خودکار و منطقی عمل کنند. هوش محاسباتی در این حوزه به دنبال ایجاد سیستم‌هایی است که با استفاده از استدلال و تصمیم‌گیری هوشمند، وظایف را به‌صورت کارآمد و دقیق انجام دهند.(Poole et al., 1998)

هوش مصنوعی اولین بار در سال ۱۹۵۶ توسط جان مک کارتی- دانشمند آمریکایی در زمینه سیستم های کامپیوتری – در کنفرانس دارتموث ارائه شد. مساله هوش به عنوان یک ویژگی اساسی که تفاوت فردی را بین انسان ها موجب می شود، از دیرباز مورد توجه بوده است. زمینه توجه به عامل هوش را در علوم مختلف می توان مشاهده کرد. هوش مصنوعی شاخه ای از علم کامپیوتر است که از آن برای هر چه بهتر کردن عملکرد دستگاه های کامپیوتری و تعامل هر چه بیشتر دستگاه و انسان استفاده می شود. هوش مصنوعی نحوه مدیریت شبکه ها را تغییر می دهد و این همان تغییری است که ما به آن نیاز داریم. هوش مصنوعی عملیات شبکه را ساده تر، هوشمندتر، ایمن تر و سریع تر می کند. به عبارتی می توان گفت AI به ما کمک می کند شبکه های خود را با سرعت ماشین مدیریت کنیم.(۱۴۰۲، جعفری، سعید؛)

پیدایش سیستم های توزیع شده در محاسبات ابری، دستگاه های تلفن همراه و اینترنت اشیا، زیرساخت دیجیتال مدرن را متحول کرده است، اما همچنین آن را در معرض تهدیدهای متعدد امنیت سایبری قرار داده است. هوش مصنوعی(AI) ، به ویژه یادگیری ماشین، به عنوان ابزاری قدرتمند برای افزایش امنیت در این محیط‌های توزیع‌شده با شناسایی و پاسخ به حملات ظاهر شده است(Università degli Studi di Palermo, March 14, 2025) .

سیستم های توزیع شده، به دلیل ماهیت خود، فناوری پیچیده ای هستند. آنها تعداد زیادی گره، اجزا و جریان های داده به هم پیوسته را در بر می گیرند که در محیط های سخت افزاری و نرم افزاری مختلف کار می کنند. هنگامی که مدل‌های هوش مصنوعی در این سیستم‌ها مستقر می‌شوند، فرآیندهای تصمیم‌گیری آن‌ها اغلب در قالب‌بندی‌های پیچیده ریاضی و معماری‌های شبکه عصبی پوشانده می‌شود. این فقدان شفافیت یک چالش مهم برای مدیران سیستم، توسعه دهندگان و کاربران نهایی است که نیاز به درک منطق پشت اقدامات مبتنی بر هوش مصنوعی دارند، به ویژه زمانی که با ناهنجاری ها، شکست ها یا رفتارهای غیرمنتظره مواجه می شوند.(Lalithkumar Prakashchand, October 31, 2024)

نقش هوش مصنوعی در سیستم‌های توزیع‌شده به بررسی این موضوع می‌پردازد که چگونه هوش مصنوعی (AI) کارایی و عملکرد سیستم‌های توزیع‌شده را افزایش می‌دهد، که شبکه‌هایی از رایانه‌های متصل به هم هستند که با هم کار می‌کنند. هوش مصنوعی به بهینه سازی وظایفی مانند تعادل بار ، تشخیص خطا و تخصیص منابع کمک می کند. با تجزیه و تحلیل الگوهای داده و تصمیم گیری در زمان واقعی، هوش مصنوعی عملکرد و قابلیت اطمینان سیستم را بهبود می بخشد . الگوریتم‌های هوش مصنوعی به توزیع یکنواخت بارهای کاری در سراسر سیستم کمک می‌کنند. می‌تواند به سرعت خرابی‌ها یا ناهنجاری‌های سیستم را شناسایی کرده و به آن‌ها پاسخ دهد و زمان خرابی را به حداقل برساند و پایداری سیستم را حفظ کند. هوش مصنوعی تخصیص منابعی مانندCPU ، حافظه و ذخیره سازی را بهینه می کند و اطمینان می دهد که از آنها به طور موثر استفاده می شود. این منجر به صرفه جویی در هزینه و بهبود عملکرد سیستم می شود. همچنین می تواند الگوهای رفتاری غیرعادی را که ممکن است نشان دهنده حملات سایبری باشد شناسایی کند و اقدامات پیشگیرانه ای را برای محافظت از سیستم انجام دهد(GFG- 31 Jul, 2024).

سیستم‌های توزیع‌شده مانند پلتفرم‌های رایانش ابری، شبکه‌های اینترنت اشیا (IoT) و زیرساخت‌های محاسبات لبه‌ای، به دلیل ظرفیت مدیریت حجم عظیم داده‌ها و ارائه خدمات به کاربران مختلف، جای واحدهای پردازش مرکزی را در محاسبات مدرن گرفته‌اند. با این حال، مشکلات در مدیریت سیستم های توزیع شده مشکلات اساسی ایجاد کرده است که نیاز به راه حل های هوشمندانه دارد. با ارائه اتوماسیون، خود بهینه‌سازی و قابلیت‌های تصمیم‌گیری تطبیقی، هوش مصنوعی نقش مهمی در مقابله با این مسائل ایفا می‌کند. سیستم های توزیع شده ممکن است مجموعه داده های بزرگ را در زمان واقعی با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین تجزیه و تحلیل کنند که منجر به تخصیص منابع هوشمند، تعادل بار و تصمیمات تحمل خطا می شود. به‌علاوه، نقض‌های امنیتی و خرابی‌های سیستم با استفاده از سیستم‌های تشخیص ناهنجاری مبتنی بر هوش مصنوعی شناسایی و کاهش می‌یابند که در دسترس بودن و قابل اعتماد بودن خدمات را تضمین می کند.(Kadambri Agarwal et al., 15 July 2024)

APIها زیربنای هر سیستم توزیع‌شده در سطح سازمانی را تشکیل می‌دهند و در عین حال، تعامل، تبادل داده و قابلیت همکاری بین برنامه‌ها و سرویس‌های مختلف را ممکن می‌سازند. با این حال، سهولت دسترسی و نقش حیاتی آنها، APIها را در برابر خطرات امنیتی آسیب‌پذیر می‌کند که در صورت بهره‌برداری، می‌تواند از نظر یکپارچگی و عملکرد زیرساخت‌های سازمانی فاجعه‌بار باشد. در حالی که رمزنگاری، احراز هویت چند عاملی و تشخیص ناهنجاری مبتنی بر قوانین، لایه‌های ضروری امنیت هستند، محدودیت‌های ذاتی و فقدان انعطاف‌پذیری یا انطباق‌پذیری آنها، موانعی را بر سر راه پیشگیری از تهدیدات سایبری پیچیده و در حال تکامل قرار می‌دهد. هوش مصنوعی (AI) با ارائه بینش‌های امنیتی بلادرنگ و مبتنی بر داده و پاسخ‌های تطبیقی، بهبودهای مهمی را در تشخیص و کاهش آسیب‌پذیری‌های API به ارمغان می‌آورد. این راهکارهای مبتنی بر هوش مصنوعی از یک استراتژی امنیتی چند لایه پشتیبانی می‌کنند که رویکردهای سنتی‌تر را تقویت کرده و یک چارچوب امنیتی پاسخگوتر و قوی‌تر را متناسب با نیازهای پویای سیستم‌های توزیع‌شده در مقیاس بزرگ تسهیل می‌کند. در حالی که هوش مصنوعی جایگزین رویه‌های امنیتی موجود نمی‌شود، استقرار آن یک ارتقای استراتژیک است که ارزیابی‌های مستمر و آگاه به متن را ارائه می‌دهد و می‌تواند به حفاظت ازAPI های سازمانی در برابر تهدیدات پیچیده‌تر کمک کند(Deepak Kaul, January 2021).

ورود هوش مصنوعی (AI) به مهندسی نرم‌افزار، نشان‌دهنده یک دوره تحول‌آفرین است که فرآیندهای توسعه سنتی را تغییر شکل می‌دهد و پیچیدگی سیستم‌های توزیع‌شده را کاهش می‌دهد. هوش مصنوعی، وظایف روتین را خودکار کرده و فرآیندهای پیچیده را ساده می‌کند و به عنوان یک همکار دیجیتال عمل می‌کند که توسعه‌دهندگان را قادر می‌سازد تا بر تفکر استراتژیک و خلاقیت تمرکز کنند. یکی از مزایای قابل توجه استفاده از هوش مصنوعی در سیستم‌های توزیع‌شده در مهندسی نرم‌افزار، بهبود بهینه‌سازی منابع است. هوش مصنوعی می‌تواند ناهنجاری‌هایی را شناسایی کند که ممکن است نشان‌دهنده نقص سخت‌افزاری باشد و اقدامات پیشگیرانه‌ای برای رفع آن‌ها انجام دهد. (Mehmet Uzgoren et al., 7 February 2025)

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

سیستم‌های توزیع‌شده به‌عنوان یکی از ارکان اصلی فناوری مدرن، با ویژگی‌هایی نظیر مقیاس‌پذیری، شفافیت، و قابلیت اطمینان، نقش محوری در زیرساخت‌های دیجیتال مانند محاسبات ابری، اینترنت اشیا، و پایگاه‌های داده توزیع‌شده ایفا می‌کنند. این مطالعه مروری نشان داد که این سیستم‌ها، علی‌رغم مزایای فراوان، با چالش‌های قابل‌توجهی از جمله پیچیدگی‌های مدیریتی، حفظ سازگاری داده‌ها، تهدیدات امنیتی، و دشواری‌های پیاده‌سازی مواجه هستند. راهکارهایی نظیر

پروتکل‌های هماهنگی (مانند Paxos و Raft)، ابزارهای مانیتورینگ هوشمند، و مکانیسم‌های تحمل خطا می‌توانند این چالش‌ها را تا حدی برطرف کنند. نقش هوش مصنوعی (AI) در این میان برجسته است؛ AI با ارائه قابلیت‌هایی مانند بهینه‌سازی تخصیص منابع، تعادل بار، تشخیص بلادرنگ ناهنجاری‌ها، و تقویت پروتکل‌های هماهنگی، کارایی، امنیت، و پایداری سیستم‌های توزیع‌شده را بهبود می‌بخشد. با این حال، شکاف‌هایی در دانش همچنان باقی است، از جمله کمبود شفافیت در تصمیم‌گیری‌های مدل‌های AI، پیچیدگی محاسباتی الگوریتم‌های پیشرفته، و نیاز به پروتکل‌های هماهنگی پویاتر برای سناریوهای پیچیده. پیشنهادهای ارائه‌شده در این مقاله، مانند استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای مانیتورینگ و مدل‌سازی رسمی با ابزارهایی مانند TLA+، مسیرهایی عملی برای غلبه بر این چالش‌ها ارائه می‌دهند. برای تحقیقات آینده، تمرکز بر توسعه سیستم‌های خودمختار مبتنی بر فناوری‌هایی مانند گراف‌های دانش یا بلاک‌چین می‌تواند تحولات چشمگیری در مدیریت سیستم‌های توزیع‌شده ایجاد کند. انتظار می‌رود که ادغام عمیق‌تر AI با این فناوری‌ها، آینده‌ای کارآمدتر، امن‌تر، و مقیاس‌پذیرتر برای زیرساخت‌های دیجیتال رقم بزند.

۷. ارائه پیشنهادهایی برای بکارگیری سیستم های توزیع شده و مدیریت توسط AI

یکی از مشکلات رایج در سیستم های توزیع شده مدیریت تعداد زیاد گره ها میباشد. برای ساده سازی مدیریت این سیستم ها میتوانیم AI را دخیل کرده و از الگوریتم های یادگیری ماشین برای مانیتورینگ بدون وقفه گره ها و سرویس ها و پیام های انتقالی استفاده کنیم. با انجام این کار سیستم مانیتورینگ میتواند در لحظه بروز مشکلات و وجود تنگنا ها را تشخیص دهد و واکنش مناسب آن اختلال را اجرایی کند.

از مهمترین معضلات در هر بخشی از تکنولوژی بحث امنیتی آن است. در سیستم های توزیع شده به دلیل ارسال پیام ها در بستر شبکه ممکن است هر لحظه امنیت دچار مشکل شود. از الگوریتم های یادگیری ماشین میتوان برای شناسایی الگو های غیرعادی در ترافیک شبکه یا رفتار API ها استفاده کرد. در این حالت میتوان حملات سایبری را در لحظه تشخیص و اقدامات لازم مانند تغییر مسیر ترافیک را انجام داد .

پروتکل‌های هماهنگی مانند Paxos یا Raft را با الگوریتم‌های AI میتوان تقویت کرد تا سازگاری داده‌ها (Data Consistency)در سیستم‌های توزیع‌شده بهبود یابد .AI می‌تواند الگوهای به‌روزرسانی داده‌ها را تحلیل کرده روش های همگام‌سازی بهینه را پیشنهاد دهد تا امر بروزرسانی همزمان داده ها انجام شود. این کار موجب بهبود سرعت همگام سازی، افزایش تحمل پذیری در برابر خرابی گره ها و کاهش ناسازگاری داده ها در بروزرسانی میشود.

همچنین میتوانیم از ابزارهای مدل‌سازی رسمی (مانند TLA+) در کنار AI برای کاهش شکاف بین مشخصات نظری و اجرای واقعی سیستم‌های توزیع‌شده استفاده کنیم. ابزارهایی مانند Mocket می‌توانند با تحلیل خودکار رفتار سیستم، اشکالات ناشناخته را شناسایی کنند و فرایند توسعه و تست را سرعت ببخشند.

۸. منابع

۱. جعفری، س. (۱۴۰۲)، «بررسی کاربرد هوش مصنوعی در کامپیوتر.» *نوزدهمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات*، بابل. https://civilica.com/doc/1728411

2. **M. van Steen and A.S. Tanenbaum, Distributed Systems, 4th ed., distributed-systems.net, 2023.**

3. Ellis, M., Woos, D., Anderson, T., Ernst, M.D. and Tatlock, Z. (2019), "Teaching Rigorous Distributed Systems With Efficient Model Checking," Proceedings of the Fourteenth EuroSys Conference 2019 (EuroSys '19), Article No. 32, pp. 1–15.
4. Wang, D., Dou, W., Gao, Y., Wu, C., Wei, J. and Huang, T. (2023), "Model Checking Guided Testing for Distributed Systems," *Proceedings of the Eighteenth European Conference on Computer Systems (EuroSys '23)*, pp. 127–143.

5. Russell, S. and Norvig, P. (2010), Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.), Prentice Hall.

6. George, G. and Thomas, M.R. (2019), "Integration of Artificial Intelligence in Human Resource," International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 9(2), pp. 2278–3075. https://doi.org/10.35940/ijitee.L3364.129219

7. Prakashchand, L. (2024), "Explainable AI in Distributed Systems: Unlocking Transparency and Trust in Complex Environments," (Publisher info if available).

8. Agarwal, K., Khare, O., Sharma, A. and Prakash, A. (2024), "Artificial Intelligence in a Distributed System of the Future," in Decentralized Systems and Distributed Computing, pp. 317–335. https://doi.org/10.1002/9781394205127.ch16

9. Kaul, D. and Khurana, R. (2021), "AI to Detect and Mitigate Security Vulnerabilities in APIs: Encryption, Authentication, and Anomaly Detection in Enterprise-Level Distributed Systems," (Independent publication, Parker, Colorado and Bothell, WA, USA).

10. Uzgoren, M., Sultana, H., Uzgoren, M. and Okumus, N. (2025), "Examination of AI Enhanced Distributed Systems and its Effects on Software Engineering," LJIS Journal (assumed if no exact journal name specified), https://doi.org/10.31039/ljis.2024.3.295