ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مجله علمی پژوهش در علوم رایانه (سال یازدهم)
شماره ۴۲ / پاییز ۱۴۰۵ / ص ۲۷ – ۱

مدل هوشمند پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات سازمانی مبتنی بر هوش مصنوعی

سعید کریمی[۱]، مرضیه نظری[۲]

[۱] کارشناس مدیریت فناوری اطلاعات، مدیر ارتباطات.

[۲] کارشناس ارشدمشاوره خانواده، پژوهشگر حوزه فناوری.

نام نویسنده مسئول:
سعید کریمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: با پیچیده‌تر شدن زیرساخت‌های فناوری اطلاعات سازمان‌ها، تضمین کیفیت خدمات به چالشی راهبردی تبدیل شده است. رویکردهای سنتی نظارت بر کیفیت عمدتاً واکنشی بوده و توانایی محدودی در پیش‌بینی و بهبود پیش‌گیرانه دارند. این پژوهش با هدف طراحی مدل هوشمند پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات سازمانی مبتنی بر هوش مصنوعی انجام شده است.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر با رویکرد طراحی معماری انجام شد. مدل پیشنهادی در پنج لایه طراحی شده است: لایه جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده‌های عملیاتی؛ لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری با استفاده از روش‌های آماری و آستانه‌های پویا؛ لایه پیش‌بینی هوشمند مبتنی بر یادگیری ماشین و تحلیل سری‌های زمانی؛ لایه تصمیم‌گیری با ترکیب قوانین خبره و منطق فازی برای اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی؛ و لایه اجرا و بازخورد با هدف یادگیری مستمر و بهبود تدریجی مدل. ارزیابی مدل از طریق تحلیل سناریوهای مفهومی و مقایسه کیفی با راه‌حل‌های موجود انجام شد.

یافته‌ها: مدل پیشنهادی با ایجاد حلقه بازخورد بسته، امکان تشخیص پیش‌گیرانه افت کیفیت و انتخاب اقدامات اصلاحی متناسب با شرایط را فراهم می‌کند. معماری چندلایه، انعطاف‌پذیری و قابلیت یکپارچه‌سازی با زیرساخت‌های متنوع سازمانی را بدون نیاز به بازنگری اساسی فراهم می‌سازد. نتایج تحلیل سناریوها نیز بیانگر رفتار متناسب مدل در شرایط مختلف خرابی و قابلیت تعمیم‌پذیری آن است.

نتیجه‌گیری: مدل پیشنهادی گامی مؤثر در هوشمندسازی مدیریت کیفیت خدمات سازمانی است و با افزایش قابلیت پیش‌بینی و کاهش وابستگی به مداخلات انسانی، می‌تواند به بهبود بهره‌وری و رضایت کاربران کمک کند. توسعه مدل با یادگیری عمیق، داده‌های غیرساختاریافته و محیط‌های ابری از مسیرهای آتی پژوهش است.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی،طراحی معماری، یادگیری ماشین، مدیریت کیفیت خدمات.

مجله‌ی علمی پژوهش در علوم رایانه، شماره ۴۲، پاییز ۱۴۰۵، ص ۲۷ - ۱

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مقدمه

بیان مسئله

عصر کنونی، عصر دگرگونی دیجیتال و وابستگی بی‌پایان سازمان‌ها به زیرساخت‌های فناوری اطلاعات است. از بانک‌داری الکترونیک و سامانه‌های سلامت هوشمند گرفته تا پلتفرم‌های تجارت الکترونیک و آموزش مجازی، همگی بر بستر سامانه‌های نرم‌افزاری پیچیده‌ای استوارند که خدمات خود را از طریق شبکه‌های گسترده در اختیار کاربران قرار می‌دهند. در این فضای رقابتی و حساس، کیفیت خدمات به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های موفقیت سازمان‌ها شناخته می‌شود. معیارهایی نظیر زمان پاسخ‌دهی، در دسترس‌بودن سامانه، توان عملیاتی و نرخ خطا، تأثیری مستقیم بر تجربه کاربری، وفاداری مشتریان و در نهایت، سودآوری و اعتبار سازمان دارند. نقض تعهدات سطح خدمات، به ویژه در قراردادهای خدماتی که با جریمه‌های مالی سنگین همراه است، می‌تواند خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به سازمان‌ها تحمیل کند[۱].

با این حال، تضمین کیفیت خدمات در محیط‌های فناوری اطلاعات امروزی با چالش‌های جدی و متعددی روبه‌رو است. نخستین و مهم‌ترین چالش، پیچیدگی روزافزون زیرساخت‌ها است. معماری‌های توزیع‌شده، ریزخدمت‌ها، سامانه‌های ابری چندگانه، محاسبات لبه و وابستگی‌های گسترده و پویا میان خدمت‌های مختلف، مدیریت کیفیت را به یک مسئله بسیار دشوار و چندبعدی تبدیل کرده است[۲]. در چنین معماری‌هایی، یک کاهش جزئی در کیفیت یک خدمت پایه می‌تواند به صورت زنجیره‌وار و آبشاری، به سایر خدمت‌ها سرایت کرده و تأثیرات گسترده‌ای بر عملکرد کل سازمان داشته باشد. نمونه‌های متعدد از قطعی‌های گسترده در خدمت‌های بزرگ ابری در سال‌های اخیر، گواهی بر این مدعا است. به عنوان مثال، قطعی گسترده شبکه توزیع محتوا در سال ۲۰۲۵ که منجر به اختلال در دسترسی به هزاران وب‌سایت و خدمت آنلاین در سراسر جهان شد، یا قطعی سامانه خدمات ابری بزرگ در سال ۲۰۲۵، نمونه‌هایی بارز از آسیب‌پذیری زیرساخت‌های مدرن در برابر خطاهای آبشاری هستند.

دومین چالش، ناکارآمدی روش‌های سنتی پایش و مدیریت کیفیت است. این روش‌ها که عمدتاً مبتنی بر تعیین آستانه‌های ثابت برای معیارهای عملکردی و ارسال هشدار در زمان عبور از آن آستانه‌ها هستند، ماهیتی کاملاً واکنشی دارند و تنها پس از وقوع کاهش کیفیت یا خرابی، هشدار می‌دهند[۳]. از سوی دیگر، تعیین آستانه‌های مناسب برای هر خدمت در محیط‌های پویا و متغیر امروزی بسیار دشوار است و آستانه‌های ثابت معمولاً منجر به هشدارهای اشتباه یا از دست دادن هشدارهای واقعی می‌شوند[۴]. این روش‌ها همچنین در شناسایی علت اصلی مشکل ناتوان هستند و تشخیص ریشه خطا را به متخصصان انسانی واگذار می‌کنند که خود فرآیندی زمان‌بر و هزینه‌بر است. به طور کلی، این رویکردها منجر به افزایش میانگین زمان بازیابی می‌شوند و سازمان را با هزینه‌های سنگین عملیاتی مواجه می‌سازند.

سومین چالش، رشد تصاعدی و تنوع بی‌سابقه داده‌های عملیاتی است. سامانه‌های مدرن روزانه حجم عظیمی از گزارش‌های رویداد، معیارهای عملکردی و ردگیری‌های درخواست تولید می‌کنند که پردازش و تحلیل دستی آن‌ها به هیچ وجه ممکن نیست[۵]. با این حال، همین داده‌ها می‌توانند منبعی غنی برای آموزش مدل‌های پیش‌بینی‌کننده و تصمیم‌گیرنده باشند و سازمان را قادر سازند تا از حالت انفعالی خارج شده و به سمت مدیریت فعال و پیش‌بین کیفیت حرکت کند. استفاده از این داده‌ها با روش‌های هوشمندانه، زمینه‌ساز تحولی اساسی در مدیریت کیفیت خدمات خواهد بود.

در مجموع، می‌توان گفت که روش‌های سنتی و حتی بسیاری از راهکارهای نیمه‌هوشمند موجود، دیگر پاسخگوی نیازهای سازمان‌ها در مدیریت کیفیت خدمات نیستند. ضرورت ارائه یک مدل هوشمند و یکپارچه که بتواند با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، کیفیت خدمات را پیش‌بینی کرده و به طور پیش‌گیرانه آن را بهبود بخشد، بیش از پیش احساس می‌شود. چنین مدلی باید بتواند داده‌های پراکنده و حجیم را جمع‌آوری، تحلیل و به اقدامات اصلاحی هوشمندانه تبدیل کند و سازمان را برای رویارویی با چالش‌های پیش‌رو آماده سازد. این مدل می‌تواند در سازمان‌های مختلف از جمله بانک‌ها، شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات ابری، سازمان‌های دولتی و شرکت‌های فناوری اطلاعات که به شدت به کیفیت خدمات خود وابسته هستند، مورد استفاده قرار گیرد.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مرور پژوهش‌های پیشین

حوزه مدیریت کیفیت خدمات با استفاده از هوش مصنوعی، در سال‌های اخیر مورد توجه گسترده پژوهش‌گران بسیاری قرار گرفته است. این پژوهش‌ها عمدتاً در چهار حوزه اصلی متمرکز بوده‌اند: پیش‌بینی بار کاری و تخصیص منابع، تشخیص ناهنجاری و پیش‌بینی خرابی، پیش‌بینی کیفیت خدمات، و خودترمیمی و بهبود خودکار.

پیش‌بینی بار کاری و تخصیص منابع

پیش‌بینی دقیق بار کاری، زیربنای تخصیص بهینه منابع در محیط‌های ابری و تضمین کیفیت خدمات با کمترین هزینه است[۶]. پژوهش‌گران از روش‌های گوناگونی برای این منظور استفاده کرده‌اند. روش‌های سنتی نظیر مدل‌های میانگین متحرک و خودهمبسته، علی‌رغم کارایی در شرایط خاص، در مواجهه با داده‌های پویا و غیرخطی با محدودیت‌های جدی روبه‌رو هستند[۶]. در سال‌های اخیر، روش‌های یادگیری عمیق به عنوان رویکردی کارآمدتر مطرح شده‌اند. شبکه‌های حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت با ساختار سلولی خاص خود، قادر به یادگیری وابستگی‌های طولانی‌مدت در داده‌های سری زمانی هستند و عملکرد بسیار بهتری نسبت به مدل‌های سنتی در پیش‌بینی بار کاری ارائه می‌دهند[۷]. پژوهش‌ها نشان داده است که مدل‌های دوطرفه که داده را در هر دو جهت جلو و عقب پردازش می‌کنند، در پیش‌بینی استفاده از پردازنده در خوشه‌های بزرگ، بهترین نتایج را به همراه داشته‌اند.

تشخیص ناهنجاری و پیش‌بینی خرابی

تشخیص ناهنجاری، گام مهمی در شناسایی زودهنگام نشانه‌های افت کیفیت است. روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین نظیر جنگل‌های ایزوله و خودرمزگذارها با یادگیری پروفایل عادی سامانه، قادر به شناسایی انحرافات و الگوهای غیرعادی در معیارهای عملکردی هستند[۸]. پژوهش‌ها در حوزه تشخیص ناهنجاری در محیط‌های عملیاتی نشان می‌دهد که روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند با دقتی بیش از نود و نه درصد ناهنجاری‌ها را در مجموعه داده‌های محک تشخیص دهند[۹]. به کارگیری این روش‌ها، گامی اساسی در جهت تحقق رویکردهای عملیاتی پیش‌بین محسوب می‌شود.

پیش‌بینی کیفیت خدمات

پیش‌بینی مستقیم کیفیت خدمات، هسته اصلی پژوهش‌های این حوزه را تشکیل می‌دهد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق و تحلیل روندهای عملکردی گذشته، می‌توان تا نود درصد موارد نقض تعهدات سطح خدمات را از پانزده تا سی دقیقه قبل از وقوع، پیش‌بینی کرد[۱۰]. شبکه‌های عصبی چندلایه در پیش‌بینی مواردی نظیر کاهش ناگهانی توان عملیاتی و افزایش زمان پاسخ‌دهی حساسیت بالایی نشان داده‌اند. در این میان، مدل‌های ترکیبی، توانسته‌اند با ترکیب نقاط قوت معماری‌های مختلف عصبی، عملکردی فراتر از مدل‌های منفرد ارائه دهند[۱۱].

خودترمیمی و بهبود خودکار

حوزه خودترمیمی، به دنبال کاهش وابستگی به مداخله انسانی در فرآیند بازیابی و بهبود کیفیت است[۱۲]. خودترمیمی پیش‌گیرانه با بهره‌گیری از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده، اقدامات اصلاحی را قبل از وقوع خرابی و کاهش کیفیت آغاز می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده است که رویکردهای پیش‌گیرانه می‌توانند میانگین زمان بازیابی را تا هشتاد و پنج درصد کاهش دهند و هزینه‌های عملیاتی را در مقایسه با روش‌های واکنشی، بین سی تا پنجاه درصد کاهش بخشند[۱۳]. با این حال، تحقیقات نشان می‌دهد که چارچوب‌های خودترمیمی کاملاً خودمختار، علی‌رغم پتانسیل فنی بالا، از نظر بلوغ عملیاتی در رده‌های پایین‌تری قرار دارند[۱۴].

شکاف پژوهشی

با وجود پژوهش‌های گسترده در حوزه‌های چهارگانه فوق، بررسی دقیق ادبیات موضوع، حاکی از وجود شکاف‌های قابل‌توجهی است که پژوهش حاضر درصدد پر کردن آن‌هاست. این شکاف‌ها به شرح زیر است:

نخست، یکپارچگی پیش‌بینی و بهبود: پژوهش‌های موجود عمدتاً بر روی یکی از دو جنبه پیش‌بینی یا بهبود متمرکز بوده‌اند و کمتر به ارائه مدلی یکپارچه پرداخته‌اند که هر دو قابلیت را در یک معماری منسجم ترکیب کند[۱۵]. رویکردهای پیش‌بینی،

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

به تخمین کیفیت خدمات در آینده اکتفا کرده و به ارائه راهکار عملی برای بهبود کیفیت نمی‌پردازند. از سوی دیگر، رویکردهای خودترمیمی، اغلب فاقد توانایی پیش‌بینی پیش‌گیرانه هستند. این شکاف، مهم‌ترین مانع در مسیر ایجاد سامانه‌های کاملاً خودگردان و پیش‌گیرانه است.

دوم، انعطاف‌پذیری معماری: بسیاری از مدل‌ها و چارچوب‌های ارائه‌شده، برای زیرساخت‌های خاصی طراحی شده‌اند و انعطاف‌پذیری لازم برای پیاده‌سازی در سازمان‌هایی با زیرساخت‌های متنوع را ندارند. یکپارچه‌سازی این مدل‌ها با سامانه‌های موجود در سازمان، اغلب با چالش‌های جدی مواجه است[۱۶].

سوم، قابلیت توضیح‌پذیری و شفافیت: بسیاری از مدل‌های هوش مصنوعی، به ویژه مدل‌های عمیق، به عنوان جعبه سیاه عمل می‌کنند و درک دلیل پیش‌بینی‌های خود را برای مدیران سامانه دشوار می‌سازند[۱۷]. این مسئله، اعتماد مدیران سازمان به خروجی این مدل‌ها را کاهش داده و پذیرش آن‌ها را در محیط‌های عملیاتی با مانع جدی مواجه می‌سازد.

چهارم، نبود یک حلقه بازخورد جامع برای یادگیری مداوم: بسیاری از مدل‌های موجود، به صورت ایستا عمل می‌کنند و پس از استقرار در محیط عملیاتی، دیگر به‌روزرسانی نمی‌شوند. با توجه به پویایی محیط‌های عملیاتی و تغییر الگوهای رفتار کاربران و بار کاری، این مدل‌ها به مرور زمان دقت خود را از دست می‌دهند[۱۸].

نوآوری‌های پژوهش

پژوهش حاضر با هدف پر کردن شکاف‌های چهارگانه یادشده، یک مدل هوشمند مبتنی بر معماری چندلایه برای پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات ارائه می‌دهد. خلاصه نوآوری‌های اصلی این مدل در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): خلاصه نوآوری‌های پژوهش

ردیف	نوآوری	مزیت نسبت به پژوهش های پیشین
۱	یکپارچگی کامل پیش‌بینی و بهبود در معماری منسجم	تبدیل سامانه از حالت صرفاً هشداردهنده به عامل فعال و خودگردان
۲	معماری چند لایه انعطاف‌پذیر با قابلیت یکپارچه سازی آسان	امکان پیاده‌سازی در سازمان‌هایی با هر نوع زیرساختی با کمترین هزینه
۳	رویکرد ترکیبی در تصمیم‌گیری با بهره‌گیری از قوانین خبره و منطق فازی	تصمیمات مبتنی بر دانش انسانی بدون نیاز به داده‌های آموزشی حجیم
۴	قابلیت توضیح پذیری	افزایش شفافیت و اعتمادپذیری مدل در محیط‌های عملیاتی
۵	جلقه بازخورد و یادگیری مداوم	سازگاری مدل با تغییرات محیط و جلوگیری از کاهش تدریجی دقت

شرح هر یک از نوآوری‌های فوق به تفکیک ارائه می‌شود:

یکپارچگی کامل پیش‌بینی و بهبود در یک معماری منسجم: برخلاف پژوهش‌های پیشین، مدل پیشنهادی هر دو قابلیت پیش‌بینی و بهبود را در یک حلقه بازخورد بسته ترکیب می‌کند. خروجی لایه پیش‌بینی، مستقیماً به لایه تصمیم‌گیری و انتخاب اقدام اصلاحی هدایت می‌شود و نتایج حاصل از اجرا، برای بهبود تدریجی مدل‌های پیش‌بینی و پایگاه قوانین مورد استفاده قرار می‌گیرد. این یکپارچگی، سامانه را از حالت صرفاً هشداردهنده، به یک عامل فعال و خودگردان تبدیل می‌کند.

معماری چندلایه انعطاف‌پذیر با قابلیت یکپارچه‌سازی آسان: مدل پیشنهادی با معماری چندلایه‌ای طراحی شده است که هر لایه وظیفه‌ای مشخص را بر عهده داشته و از طریق رابط‌های استاندارد با سایر لایه‌ها در تعامل است. این معماری، امکان توسعه، به‌روزرسانی و حتی تعویض مستقل هر لایه را بدون تأثیر بر سایر بخش‌ها فراهم می‌کند. این ویژگی، پیاده‌سازی مدل را در سازمان‌هایی با هر نوع زیرساختی، از سنتی تا کاملاً ابری، با کمترین هزینه و تغییرات ممکن می‌سازد.

رویکرد ترکیبی در تصمیم‌گیری با بهره‌گیری از قوانین خبره و منطق فازی: در لایه تصمیم‌گیری مدل، از ترکیبی از یک پایگاه قوانین خبره و یک موتور استنتاج فازی استفاده شده است. این رویکرد ترکیبی، باعث می‌شود تصمیمات اتخاذشده، نه

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

تنها مبتنی بر داده، بلکه مبتنی بر دانش و حکمت انسانی نیز باشد و در عین حال، نیازی به داده‌های آموزشی حجیم برای این لایه نداشته باشد.

قابلیت توضیح‌پذیری توکار: مدل پیشنهادی، برای هر پیش‌بینی و هر تصمیم اصلاحی، یک توضیح قابل‌درک برای مدیران سامانه ارائه می‌دهد. این ویژگی که با استفاده از تکنیک‌های تحلیل اهمیت ویژگی‌ها و توضیح مبتنی بر قانون پیاده‌سازی شده است، شفافیت و اعتمادپذیری مدل را افزایش داده و پذیرش آن را در سازمان تسهیل می‌کند.

حلقه بازخورد و یادگیری مداوم: مدل پیشنهادی دارای یک حلقه بازخورد است که عملکرد اقدامات اصلاحی را ثبت و تحلیل کرده و از این اطلاعات برای به‌روزرسانی تدریجی مدل‌های پیش‌بینی و پایگاه قوانین استفاده می‌کند. این ویژگی، مدل را با تغییرات محیط سازگار نگه داشته و از کاهش تدریجی دقت آن در طول زمان جلوگیری می‌کند.

اهداف پژوهش

پژوهش حاضر با هدف اصلی طراحی و ارائه یک مدل هوشمند مبتنی بر معماری چندلایه برای پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات سازمانی با بهره‌گیری از هوش مصنوعی انجام می‌شود. برای تحقق این هدف، اهداف فرعی زیر تعریف شده‌اند:

یکم، طراحی یک معماری پنج‌لایه با قابلیت یکپارچه‌سازی آسان در زیرساخت‌های سازمانی متنوع.

دوم، ارائه روشی ترکیبی برای پیش‌بینی کیفیت خدمات با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و تحلیل سری‌های زمانی که با داده‌های عملیاتی موجود، قابل پیاده‌سازی باشد.

سوم، طراحی یک موتور تصمیم‌گیری مبتنی بر ترکیب قوانین خبره و منطق فازی برای انتخاب اقدامات اصلاحی مناسب با توجه به شرایط پیش‌بینی‌شده.

چهارم، ایجاد قابلیت توضیح‌پذیری در خروجی‌های مدل به منظور افزایش اعتمادپذیری و تسهیل پذیرش سازمانی.

پنجم، طراحی حلقه بازخورد برای ثبت نتایج اقدامات و یادگیری مداوم به منظور بهبود تدریجی عملکرد مدل.

سؤالات پژوهش

پژوهش حاضر در پی پاسخ‌گویی به سؤالات زیر است:

یکم، چگونه می‌توان یک معماری چندلایه برای پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات طراحی کرد که هم یکپارچه باشد و هم انعطاف‌پذیری لازم برای پیاده‌سازی در سازمان‌های مختلف را داشته باشد؟

دوم، چه روش‌هایی برای پیش‌بینی کیفیت خدمات با استفاده از داده‌های عملیاتی موجود در سازمان‌ها بدون نیاز به داده‌های حجیم و زیرساخت‌های سنگین مناسب هستند؟

سوم، چگونه می‌توان با استفاده از ترکیب قوانین خبره و منطق فازی، اقدامات اصلاحی مناسبی برای هر وضعیت پیش‌بینی‌شده انتخاب کرد؟

چهارم، چگونه می‌توان قابلیت توضیح‌پذیری را به مدل هوشمند افزود تا خروجی‌های آن برای مدیران سازمان قابل درک و اعتماد باشد؟

پنجم، مدل پیشنهادی از نظر معماری، انعطاف‌پذیری و قابلیت‌های یکپارچه‌سازی، چه مزایا و محدودیت‌هایی در مقایسه با راه‌حل‌های موجود دارد؟

ساختار مقاله

در ادامه این مقاله، بخش دوم به مبانی نظری و پیشینه پژوهش با تفصیل بیشتر اختصاص دارد و مفاهیم کلیدی مانند کیفیت خدمات، شاخص‌های اندازه‌گیری، انواع روش‌های پیش‌بینی و مفاهیم خودترمیمی و بهبود خودکار به همراه تحلیل عمیق‌تری از پژوهش‌های پیشین ارائه می‌شود. بخش سوم به تشریح کامل مدل پیشنهادی و معماری چندلایه می‌پردازد و دیاگرام معماری، شرح کارکرد هر لایه و نحوه تعامل آن‌ها را ارائه می‌کند. بخش چهارم به الگوریتم‌های پیشنهادی برای هر لایه

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

و توجیه ریاضی و منطقی آن‌ها می‌پردازد. بخش پنجم به ارزیابی مدل از طریق تحلیل سناریوهای مفهومی و مقایسه کیفی با راه‌حل‌های موجود اختصاص دارد. در نهایت، بخش ششم به نتیجه‌گیری، جمع‌بندی، محدودیت‌های پژوهش و مسیرهای آتی تحقیق می‌پردازد.

مبانی نظری پژوهش

در این بخش، ابتدا مفاهیم کلیدی مرتبط با پژوهش شامل کیفیت خدمات، شاخص‌های اندازه‌گیری آن، روش‌های پیش‌بینی و خودترمیمی تشریح می‌شوند. سپس مرور دقیق‌تری بر پژوهش‌های پیشین در هر یک از حوزه‌های چهارگانه انجام می‌گیرد. در ادامه، جدول جمع‌بندی پژوهش‌های مرور شده و نوآوری پژوهش حاضر به صورت یکپارچه ارائه می‌شود و در نهایت، جمع‌بندی مبانی نظری و پیشینه ترسیم می‌گردد.

مفاهیم بنیادین

کیفیت خدمات

کیفیت خدمات در حوزه فناوری اطلاعات، به مجموعه‌ای از ویژگی‌ها و معیارهای قابل‌اندازه‌گیری گفته می‌شود که نشان می‌دهد یک سامانه نرم‌افزاری تا چه اندازه توانسته است نیازهای کاربران خود را برآورده سازد. این مفهوم، ریشه در حوزه مدیریت کیفیت دارد و در سال‌های اخیر با گسترش سامانه‌های توزیع‌شده و ابری، اهمیت دوچندانی یافته است [۱۹].

مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت خدمات عبارتند از:

زمان پاسخ‌دهی: مدت زمانی که طول می‌کشد تا سامانه به یک درخواست کاربر پاسخ دهد. این شاخص به طور مستقیم بر تجربه کاربری تأثیر می‌گذارد و در سامانه‌های تعاملی، یکی از حیاتی‌ترین معیارها محسوب می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده است که افزایش زمان پاسخ‌دهی، حتی به میزان بسیار کم، می‌تواند نرخ تبدیل مشتریان را به طور قابل‌توجهی کاهش دهد و بر وفاداری آن‌ها تأثیر منفی بگذارد[۲۰].

در دسترس‌بودن: نسبت زمانی که سامانه به درستی قابل استفاده است. این شاخص معمولاً به صورت درصدی بیان می‌شود و یکی از مهم‌ترین تعهدات در قراردادهای سطح خدمات است. در دسترس‌بودن بالا، به معنای حداقل زمان قطعی سامانه در بازه‌های زمانی مشخص است و نقض آن، معمولاً با جریمه‌های مالی همراه است[۱].

توان عملیاتی: تعداد درخواست‌هایی که سامانه می‌تواند در واحد زمان پردازش کند. این شاخص نشان‌دهنده ظرفیت سامانه است و در زمان‌های اوج ترافیک، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. کاهش توان عملیاتی، نشانه بار بیش از حد یا وجود مشکل در سامانه است و می‌تواند به کاهش کیفیت خدمات منجر شود[۲].

نرخ خطا: نسبت درخواست‌های ناموفق به کل درخواست‌ها. این شاخص نشان می‌دهد سامانه تا چه اندازه به درستی عمل می‌کند. افزایش نرخ خطا، معمولاً نشانه وجود اشکال نرم‌افزاری، مشکلات زیرساختی یا حملات سایبری است و می‌تواند به سرعت بر اعتماد کاربران تأثیر منفی بگذارد[۱۹].

تعهدات سطح خدمات

تعهدات سطح خدمات، قراردادهایی هستند که بین ارائه‌دهنده خدمت و مشتری منعقد می‌شوند و سطح کیفیت مورد انتظار را مشخص می‌کنند. این تعهدات شامل حداقل‌های قابل‌قبول برای شاخص‌های کیفیت خدمات نظیر زمان پاسخ‌دهی، در دسترس‌بودن و توان عملیاتی هستند. نقض این تعهدات، معمولاً با جریمه‌های مالی همراه است و می‌تواند به اعتبار سازمان آسیب جدی وارد کند. بنابراین، پیش‌بینی و جلوگیری از نقض تعهدات سطح خدمات، یکی از مهم‌ترین اهداف مدیریت کیفیت خدمات است[۱]. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سازمان‌هایی که به طور فعال کیفیت خدمات خود را پایش و مدیریت می‌کنند، هزینه‌های عملیاتی کمتری را تجربه می‌کنند و رضایت مشتریان بالاتری دارند[۲۲].

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

روش‌های پیش‌بینی در مدیریت کیفیت

پیش‌بینی کیفیت خدمات، به معنی تخمین وضعیت آینده شاخص‌های کیفیت بر اساس داده‌های تاریخی و شرایط فعلی است. روش‌های پیش‌بینی را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد:

روش‌های آماری سنتی: این روش‌ها شامل مدل‌های میانگین متحرک، خودهمبسته و مدل‌های میانگین متحرک خودهمبسته انباشته می‌شوند. این روش‌ها برای داده‌های سری زمانی با الگوهای خطی و ایستا مناسب هستند و در شرایط عادی، عملکرد قابل‌قبولی دارند. با این حال، در مواجهه با داده‌های غیرخطی، پویا و دارای نوسان بالا، دقت خود را از دست می‌دهند[۲۰].

روش‌های یادگیری ماشین کلاسیک: روش‌هایی نظیر ماشین‌های بردار پشتیبان، جنگل تصادفی و رگرسیون بردار پشتیبان، قابلیت مدل‌سازی روابط غیرخطی را دارند و در بسیاری از مسائل پیش‌بینی عملکرد خوبی ارائه می‌دهند. این روش‌ها نیاز به استخراج دستی ویژگی‌ها دارند و در داده‌های با ابعاد بالا، ممکن است با چالش مواجه شوند[۲۱].

روش‌های یادگیری عمیق: شبکه‌های عصبی عمیق مانند شبکه‌های حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت و شبکه‌های واحد بازگشتی دروازه‌دار، قادر به یادگیری خودکار ویژگی‌ها و مدل‌سازی وابستگی‌های پیچیده و طولانی‌مدت در داده‌های سری زمانی هستند. این روش‌ها در سال‌های اخیر، به عنوان برترین روش‌ها در پیش‌بینی کیفیت خدمات شناخته شده‌اند، اما نیازمند داده‌های حجیم و زیرساخت‌های محاسباتی قوی هستند[۷]. این محدودیت، پیاده‌سازی آن‌ها را برای بسیاری از سازمان‌های متوسط و کوچک با دشواری مواجه می‌سازد.

مدل پیشنهادی در این پژوهش، با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی و معماری چندلایه، این محدودیت را تا حد قابل‌توجهی برطرف می‌کند و امکان پیاده‌سازی را با داده‌های عملیاتی موجود فراهم می‌سازد.

روش‌های ترکیبی: ترکیب دو یا چند روش مختلف، می‌تواند نقاط قوت هر روش را به کار گرفته و نقاط ضعف آن‌ها را پوشش دهد. به عنوان مثال، ترکیب شبکه‌های پیچشی برای استخراج ویژگی‌های محلی و شبکه‌های حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت برای مدل‌سازی وابستگی‌های زمانی، یکی از موفق‌ترین رویکردهای ترکیبی در پیش‌بینی کیفیت خدمات است[۱۱].

خودترمیمی و بهبود خودکار

خودترمیمی، به توانایی یک سامانه در تشخیص خطا و بازیابی خودکار بدون مداخله انسانی گفته می‌شود. این مفهوم، یکی از اهداف اصلی در طراحی سامانه‌های مقاوم و پایدار است و در سال‌های اخیر با گسترش هوش مصنوعی، تحولی اساسی یافته است[۱۲]. چرخه خودترمیمی شامل چهار مرحله است:

پایش: جمع‌آوری مستمر داده‌های عملکردی و شناسایی نشانه‌های هشدار. این مرحله، پایه و اساس کل فرآیند خودترمیمی است و کیفیت آن، تأثیر مستقیمی بر مراحل بعدی دارد.

تحلیل: بررسی داده‌های جمع‌آوری‌شده برای تشخیص ناهنجاری‌ها و شناسایی علت مشکل. این مرحله نیازمند روش‌های تحلیلی دقیق و توانایی تشخیص الگوهای غیرعادی است[۸].

تصمیم‌گیری: انتخاب بهترین اقدام اصلاحی بر اساس تحلیل انجام‌شده. این مرحله، یکی از حساسترین مراحل است و نیازمند در نظر گرفتن تأثیرات جانبی اقدامات بر سایر بخش‌های سامانه می‌باشد.

اجرا: اعمال اقدام اصلاحی و نظارت بر نتایج آن. این مرحله، باید با دقت و به صورت تدریجی انجام شود تا از بروز مشکلات جدید جلوگیری شود.

خودترمیمی را می‌توان به دو دسته واکنشی و پیش‌گیرانه تقسیم کرد. خودترمیمی واکنشی، پس از وقوع خطا اقدام به بازیابی می‌کند و سامانه را به حالت عادی بازمی‌گرداند. در مقابل، خودترمیمی پیش‌گیرانه با بهره‌گیری از مدل‌های پیش‌بینی، قبل از وقوع خطا اقدامات لازم را انجام می‌دهد و از بروز اختلال در خدمت جلوگیری می‌کند. رویکرد پیش‌گیرانه، به طور قابل‌توجهی مؤثرتر از رویکرد واکنشی است، زیرا از وقوع خطا جلوگیری می‌کند و تجربه کاربری را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد[۱۲].

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

چالش‌های عملیاتی پیاده‌سازی خودترمیمی در محیط‌های واقعی عبارتند از: تشخیص دقیق خطا برای جلوگیری از اقدامات اصلاحی اشتباه، انتخاب بهترین اقدام اصلاحی از میان گزینه‌های متعدد با در نظر گرفتن تأثیرات جانبی، اطمینان از عدم تأثیر منفی اقدامات بر سایر سرویس‌ها، و ارزیابی اثربخشی اقدامات انجام‌شده. مدل پیشنهادی در این پژوهش، با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی قوانین خبره و منطق فازی در لایه تصمیم‌گیری، این چالش‌ها را به طور مؤثر مدیریت می‌کند[۱۷].

مرور نظام‌مند پژوهش‌های پیشین

در ادامه، پژوهش‌های پیشین در چهار حوزه اصلی مرتبط با موضوع، به صورت نظام‌مند مرور می‌شوند.

پژوهش‌های حوزه پیش‌بینی بار کاری و تخصیص منابع

پژوهش‌های متعددی در زمینه پیش‌بینی بار کاری با استفاده از روش‌های مختلف انجام شده است. در یک پژوهش جامع، ژانگ و همکاران (۲۰۲۵) روشی مبتنی بر هم‌افزایی گروهی بار کاری چنددانه‌ای و استنتاج تغییرپذیر برای پیش‌بینی توان محاسباتی چندمتغیره ارائه داده‌اند. این روش با ترکیب اطلاعات از چندین منبع و استفاده از استنتاج تغییرپذیر، دقت پیش‌بینی را نسبت به روش‌های پیشین بهبود بخشیده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که رویکرد چنددانه‌ای می‌تواند نوسانات بار کاری را با دقت بالایی مدل‌سازی کند و در محیط‌های با داده‌های پراکنده، عملکرد مناسبی داشته باشد[۶].

در پژوهش دیگری، خلف و همکاران (۲۰۲۴) یک چارچوب مبتنی بر یادگیری تقویتی عمیق برای تخصیص پویای منابع در محیط‌های ابری ارائه کرده‌اند. هدف این چارچوب، بهینه‌سازی هم‌زمان کیفیت خدمات و هزینه‌های زیرساختی است. عامل هوشمند در این چارچوب، با تعامل با محیط و دریافت پاداش از بهبود کیفیت و کاهش هزینه، سیاست بهینه تخصیص منابع را یاد می‌گیرد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که رویکرد مبتنی بر یادگیری تقویتی، عملکرد بهتری نسبت به روش‌های سنتی تخصیص منابع دارد[۷].

همچنین، هوانگ و همکاران (۲۰۲۵) نشان داده‌اند که ترکیب داده‌های سری زمانی با ویژگی‌های زمینه‌ای مانند زمان و روز هفته، می‌تواند دقت پیش‌بینی بار کاری را به طور قابل‌توجهی بهبود بخشد. یافته‌های آن‌ها حاکی از آن است که الگوهای بار کاری در ساعات مختلف روز و روزهای مختلف هفته، تفاوت‌های معناداری دارند و استفاده از این اطلاعات زمینه‌ای، خطای پیش‌بینی را به میزان محسوسی کاهش می‌دهد.

پژوهش‌های حوزه تشخیص ناهنجاری و پیش‌بینی خرابی

در حوزه تشخیص ناهنجاری، چن و همکاران (۲۰۲۴) یک روش ترکیبی مبتنی بر خودرمزگذار و شبکه‌های مولد تخاصمی را برای تشخیص ناهنجاری در سامانه‌های توزیع‌شده ارائه داده‌اند. این روش، با استفاده از خودرمزگذار برای بازسازی داده‌های عادی و شبکه مولد تخاصمی برای تشخیص انحرافات، توانسته است نرخ تشخیص بالایی را با نرخ هشدار اشتباه پایین به دست آورد. نتایج نشان می‌دهد که رویکرد ترکیبی، عملکرد بهتری نسبت به هر یک از روش‌ها به تنهایی ارائه می‌دهد و در محیط‌های با داده‌های نامتوازن، به خوبی عمل می‌کند[۸].

مورفی و همکاران (۲۰۲۴) مرور جامعی بر روش‌های پیش‌بینی خرابی در شبکه‌های مخابراتی ناهمگن انجام داده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که قابلیت پیش‌بینی خرابی تجهیزات شبکه، به عنوان ابزاری مؤثر برای افزایش قابلیت اطمینان شبکه عمل می‌کند. این مرور نشان می‌دهد که روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین، به ویژه جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان، در این حوزه عملکرد خوبی داشته‌اند و می‌توان از آن‌ها برای کاهش هزینه‌های نگهداری و تضمین زمان بازیابی استفاده کرد[۴].

پژوهش‌های حوزه پیش‌بینی کیفیت خدمات

در زمینه پیش‌بینی کیفیت خدمات، وانگ و همکاران (۲۰۲۵) رویکردی نوآورانه مبتنی بر مدل‌های زبانی پیش‌آموزش‌دیده ارائه داده‌اند که پیش‌بینی کیفیت خدمات را به عنوان یک مسئله رگرسیون معنایی فرموله کرده است. این رویکرد با بهره‌گیری از اطلاعات فراداده سرویس‌ها، به درک معنایی عمیق‌تری از کیفیت خدمات دست یافته است. همچنین، افزودن ماژول تخمین عدم‌قطعیت، پیش‌بینی قابل اعتمادتری را ارائه می‌دهد که در محیط‌های پرریسک حائز اهمیت است. نتایج این پژوهش نشان

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

می‌دهد که رویکرد مبتنی بر مدل‌های زبانی، درک بهتری از ویژگی‌های کیفی سرویس‌ها دارد و می‌تواند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه دهد[۱۵].

باقری و همکاران (۱۴۰۵) در یک پژوهش داخلی، به پیش‌بینی نقض تعهدات سطح خدمات با استفاده از شبکه‌های عصبی حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت در محیط‌های ابری پرداخته‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که با تحلیل روندهای عملکردی گذشته، می‌توان موارد نقض تعهدات را قبل از وقوع، پیش‌بینی کرد. این پژوهش، یکی از معدود پژوهش‌های داخلی در این حوزه است که به طور خاص به پیش‌بینی نقض تعهدات سطح خدمات پرداخته است[۱۰].

پژوهش‌های حوزه خودترمیمی و بهبود خودکار

در حوزه خودترمیمی، کومار و سینگ (۲۰۲۳) مرور جامعی بر روش‌های خودترمیمی در سامانه‌های ابری انجام داده‌اند. آن‌ها مهم‌ترین چالش‌های این حوزه را شامل تشخیص دقیق خطا، انتخاب بهترین اقدام اصلاحی و اطمینان از عدم تأثیر منفی اقدامات بر سایر سرویس‌ها معرفی کرده‌اند. این مرور نشان می‌دهد که علی‌رغم پیشرفت‌های قابل‌توجه، هنوز چالش‌های جدی در مسیر پیاده‌سازی کامل خودترمیمی در محیط‌های عملیاتی وجود دارد[۱۲].

لی و همکاران (۲۰۲۴) یک چارچوب خودترمیمی مبتنی بر یادگیری تقویتی برای ریزخدمت‌ها ارائه داده‌اند. در این چارچوب، یک عامل هوشمند با تعامل با محیط و دریافت پاداش از بهبود کیفیت، سیاست بهینه اقدامات اصلاحی را یاد می‌گیرد. این رویکرد مزیت یادگیری تدریجی و سازگاری با تغییرات محیط را دارد، اما نیازمند یک محیط شبیه‌سازی‌شده یا داده‌های تاریخی گسترده برای آموزش اولیه عامل است[۱۱].

در یک پژوهش داخلی، کاظمی و طهماسبی (۱۴۰۵) چارچوبی برای خودترمیمی پیش‌گیرانه در سامانه‌های توزیع‌شده با رویکرد یادگیری تقویتی ارائه داده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که رویکرد پیش‌گیرانه، می‌تواند میانگین زمان بازیابی را به طور چشمگیری کاهش دهد و هزینه‌های عملیاتی را به میزان قابل‌توجهی کاهش بخشد. این پژوهش، یکی از معدود پژوهش‌های داخلی است که به طور خاص به خودترمیمی پیش‌گیرانه پرداخته است[۱۷].

جمع‌بندی مبانی نظری و پیشینه

بر اساس مرور انجام‌شده و تحلیل جدول (۱)، می‌توان نتیجه گرفت که:

یکم، روش‌های پیش‌بینی کیفیت خدمات، در سال‌های اخیر پیشرفت چشمگیری داشته‌اند و روش‌های یادگیری عمیق به عنوان برترین روش‌ها شناخته می‌شوند، هرچند که نیازمند داده‌های حجیم و زیرساخت‌های سنگین هستند. مدل پیشنهادی با رویکرد ترکیبی خود، این محدودیت را برطرف می‌کند.

دوم، پژوهش‌های خودترمیمی، عمدتاً بر روی رویکردهای واکنشی متمرکز بوده‌اند و خودترمیمی پیش‌گیرانه، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مدل پیشنهادی با یکپارچه‌سازی پیش‌بینی و بهبود، گامی اساسی در جهت خودترمیمی پیش‌گیرانه برمی‌دارد.

سوم، یکپارچگی پیش‌بینی و بهبود در یک معماری منسجم، همچنان به عنوان یک شکاف پژوهشی مهم وجود دارد و پژوهش حاضر با ارائه مدل یکپارچه، این شکاف را پر می‌کند.

چهارم، قابلیت توضیح‌پذیری و حلقه بازخورد، از جمله عواملی هستند که در بسیاری از پژوهش‌ها نادیده گرفته شده‌اند، در حالی که مدل پیشنهادی هر دو ویژگی را به صورت توکار ارائه می‌دهد.

پنجم، پژوهش‌های داخلی در این حوزه محدود بوده و اغلب به جنبه‌های خاصی از مسئله پرداخته‌اند. پژوهش حاضر با ارائه یک مدل جامع و یکپارچه، می‌تواند به غنای ادبیات موضوع در داخل کشور کمک شایانی نماید.

این یافته‌ها، ضرورت و اهمیت پژوهش حاضر را در ارائه یک مدل یکپارچه، انعطاف‌پذیر، قابل‌توضیح و با قابلیت یادگیری مداوم برای پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات، به خوبی نشان می‌دهد.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مدل پیشنهادی

در این بخش، مدل هوشمند پیشنهادی برای پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات سازمانی به طور کامل تشریح می‌شود. ابتدا نمای کلی مدل و لایه‌های آن معرفی می‌شود، سپس معماری چندلایه با جزئیات کامل شرح داده می‌شود و در نهایت جریان داده در مدل ترسیم می‌گردد. مدل پیشنهادی با هدف پر کردن شکاف‌های پژوهشی شناسایی‌شده در بخش دوم و تحقق نوآوری‌های معرفی‌شده در بخش اول طراحی شده است.

نمای کلی مدل پیشنهادی

مدل پیشنهادی در این پژوهش، یک معماری چندلایه هوشمند است که به منظور پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات در سازمان‌ها طراحی شده است. این مدل شامل پنج لایه اصلی است که هر یک وظیفه مشخصی را بر عهده دارند و از طریق رابط‌های استاندارد با یکدیگر در تعامل هستند. لایه‌های مدل به ترتیب عبارتند از: لایه جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده، لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری، لایه پیش‌بینی هوشمند، لایه تصمیم‌گیری و انتخاب اقدام اصلاحی، و لایه اجرا و بازخورد.

نوآوری اصلی مدل پیشنهادی، یکپارچگی کامل فرآیندهای پیش‌بینی و بهبود در یک حلقه بازخورد بسته است. به عبارت دیگر، خروجی لایه پیش‌بینی به عنوان ورودی لایه تصمیم‌گیری استفاده می‌شود و نتایج حاصل از اجرای اقدامات اصلاحی، برای بهبود تدریجی مدل‌های پیش‌بینی و پایگاه قوانین مورد استفاده قرار می‌گیرد. این یکپارچگی، مدل را از یک سامانه صرفاً هشداردهنده به یک عامل فعال و خودگردان تبدیل می‌کند.

معماری چندلایه مدل، انعطاف‌پذیری بالایی را برای پیاده‌سازی در سازمان‌های مختلف فراهم می‌آورد. هر لایه می‌تواند به طور مستقل از سایر لایه‌ها توسعه، به‌روزرسانی یا تعویض شود، بدون اینکه تأثیری بر عملکرد سایر بخش‌های مدل داشته باشد. این ویژگی، پیاده‌سازی مدل را در سازمان‌هایی با زیرساخت‌های متنوع (از سنتی تا کاملاً ابری) با کمترین هزینه و تغییرات ممکن می‌سازد.

معماری چندلایه مدل

معماری مدل پیشنهادی شامل پنج لایه اصلی است که به صورت سلسله‌مراتبی سازماندهی شده‌اند و داده‌ها به ترتیب از لایه پایین به لایه بالا جریان می‌یابند. همچنین، یک مسیر بازخورد از لایه اجرا به لایه پیش‌بینی، امکان یادگیری مداوم را فراهم می‌سازد. در ادامه، هر یک از این لایه‌ها به تفصیل تشریح می‌شوند.

لایه جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده

نخستین لایه مدل، مسئول جمع‌آوری داده‌های عملیاتی از منابع مختلف در سازمان است. این داده‌ها شامل موارد زیر می‌شوند:

معیارهای عملکردی: شامل زمان پاسخ‌دهی، توان عملیاتی، در دسترس‌بودن سامانه و نرخ خطا که از سامانه‌های پایش عملکرد جمع‌آوری می‌شوند.

گزارش‌های رویداد: شامل رویدادهای ثبت‌شده در سامانه که می‌توانند نشانه‌هایی از مشکلات قریب‌الوقوع باشند.

گزارش‌های خطا: شامل خطاهای ثبت‌شده در سامانه که می‌توانند الگوهای خاصی را برای شناسایی مشکلات نشان دهند.

داده‌های پیکربندی: شامل اطلاعات مربوط به پیکربندی سامانه، نسخه نرم‌افزارها و تغییرات اعمال‌شده.

داده‌های زمینه‌ای: شامل اطلاعات مربوط به زمان (ساعت، روز هفته، ماه) و حجم ترافیک که می‌توانند بر کیفیت خدمات تأثیر بگذارند.

داده‌های جمع‌آوری‌شده، ابتدا استانداردسازی و نرمال‌سازی می‌شوند تا از یکپارچگی و سازگاری آن‌ها اطمینان حاصل شود. سپس، داده‌ها با استفاده از روش‌های مناسب، برچسب‌گذاری شده و برای پردازش در لایه بعدی آماده می‌شوند. این لایه، امکان اتصال به انواع مختلف منابع داده را از طریق رابط‌های استاندارد فراهم می‌کند.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری

دومین لایه مدل، مسئول پردازش داده‌های دریافتی از لایه قبل و تشخیص ناهنجاری‌های موجود در آن‌ها است. این لایه شامل زیرمؤلفه‌های زیر است:

پیش‌پردازش داده: در این مرحله، داده‌های خام از نظر کیفی بررسی می‌شوند. داده‌های گم‌شده با استفاده از روش‌های آماری مناسب بازسازی می‌شوند و داده‌های پرت با استفاده از روش‌های شناسایی نقاط پرت، اصلاح یا حذف می‌گردند.

استخراج ویژگی: در این مرحله، ویژگی‌های معنادار از داده‌های خام استخراج می‌شوند. این ویژگی‌ها می‌توانند شامل میانگین متحرک، تغییرات ناگهانی، الگوهای تکراری و سایر شاخص‌های آماری باشند که می‌توانند به پیش‌بینی کیفیت خدمات کمک کنند.

تشخیص ناهنجاری: در این مرحله، با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین، الگوهای غیرعادی در داده‌ها شناسایی می‌شوند. روش‌هایی نظیر جنگل‌های ایزوله و خودرمزگذارها برای تشخیص انحرافات از حالت عادی سامانه استفاده می‌شوند. تشخیص ناهنجاری، می‌تواند نشانه‌های اولیه کاهش کیفیت را شناسایی کرده و هشدارهای زودهنگامی را برای لایه پیش‌بینی فراهم آورد.

تولید ویژگی‌های ورودی برای لایه پیش‌بینی: در این مرحله، داده‌های پردازش‌شده و ویژگی‌های استخراج‌شده، به همراه نتایج تشخیص ناهنجاری، به عنوان ورودی لایه پیش‌بینی آماده می‌شوند.

لایه پیش‌بینی هوشمند

سومین لایه مدل، هسته اصلی مدل پیشنهادی است و مسئول پیش‌بینی کیفیت خدمات در آینده می‌باشد. این لایه، با استفاده از روش‌های مختلف و ترکیب آن‌ها، پیش‌بینی‌های دقیقی از وضعیت آینده شاخص‌های کیفیت ارائه می‌دهد.

مدل‌های پیش‌بینی: در این لایه، از ترکیب چندین روش برای پیش‌بینی استفاده می‌شود:

- تحلیل سری‌های زمانی: از مدل‌های آماری و یادگیری ماشین برای تحلیل روندها و الگوهای موجود در داده‌های تاریخی کیفیت خدمات استفاده می‌شود.
- یادگیری ماشین کلاسیک: از روش‌هایی نظیر جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان برای پیش‌بینی کیفیت خدمات بر اساس ویژگی‌های استخراج‌شده استفاده می‌شود.
- مدل‌های ترکیبی: در این رویکرد، نقاط قوت روش‌های مختلف ترکیب می‌شوند تا دقت پیش‌بینی افزایش یابد. ترکیب شبکه‌های پیچشی برای استخراج ویژگی‌های محلی و شبکه‌های حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت برای مدل‌سازی وابستگی‌های زمانی، یکی از رویکردهای موفق در این زمینه است.

پیش‌بینی نقض تعهدات سطح خدمات: لایه پیش‌بینی، با تحلیل روندهای عملکردی گذشته، قادر است تا موارد نقض تعهدات سطح خدمات را قبل از وقوع پیش‌بینی کند. این پیش‌بینی، به سازمان‌ها امکان می‌دهد تا اقدامات پیش‌گیرانه را به موقع انجام دهند.

تخمین عدم‌قطعیت: لایه پیش‌بینی، علاوه بر پیش‌بینی مقدار کیفیت خدمات، میزان اطمینان خود را نسبت به پیش‌بینی نیز مشخص می‌کند. این ویژگی، به مدیران سامانه کمک می‌کند تا در شرایط پرریسک، تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذ کنند.

خروجی لایه پیش‌بینی: خروجی این لایه، شامل پیش‌بینی وضعیت آینده کیفیت خدمات (به صورت مقادیر عددی یا وضعیت‌های کیفی) و همچنین میزان اطمینان به پیش‌بینی است که به عنوان ورودی لایه تصمیم‌گیری استفاده می‌شود.

لایه تصمیم‌گیری و انتخاب اقدام اصلاحی

چهارمین لایه مدل، مسئول تصمیم‌گیری در مورد اقدامات اصلاحی بر اساس خروجی لایه پیش‌بینی است. این لایه، از ترکیب دو رویکرد اصلی برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کند:

پایگاه قوانین خبره: این پایگاه شامل مجموعه‌ای از قوانین است که بر اساس دانش و تجربه متخصصان حوزه فناوری اطلاعات تدوین شده‌اند. این قوانین، به صورت شرطی-نتیجه‌ای طراحی شده‌اند و در شرایط مختلف، اقدامات اصلاحی مشخصی را توصیه

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

می‌کنند. به عنوان مثال، اگر پیش‌بینی شود که زمان پاسخ‌دهی در پانزده دقیقه آینده از آستانه تعیین‌شده فراتر خواهد رفت، قانون مربوطه، افزایش منابع یا تغییر مسیر ترافیک را پیشنهاد می‌کند. قوانین خبره، دانش ضمنی متخصصان را در فرآیند تصمیم‌گیری دخالت می‌دهند و باعث می‌شوند تصمیمات، با تجربیات عملی سازگاری بیشتری داشته باشند.

موتور استنتاج فازی: این موتور، برای تصمیم‌گیری در شرایط مبهم و با عدم‌قطعیت بالا استفاده می‌شود. موتور فازی، با استفاده از متغیرهای زبانی و قوانین فازی، می‌تواند در شرایطی که داده‌ها کامل نیستند یا روابط علت و معلولی به خوبی شناخته نشده‌اند، تصمیمات مناسبی اتخاذ کند. به عنوان مثال، در شرایطی که پیش‌بینی‌ها با اطمینان پایینی همراه هستند، موتور فازی می‌تواند با در نظر گرفتن چندین عامل مختلف، بهترین اقدام را انتخاب کند.

ترکیب قوانین خبره و منطق فازی: در این لایه، خروجی پایگاه قوانین خبره و موتور استنتاج فازی با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا بهترین اقدام اصلاحی انتخاب شود. این ترکیب، مزایای هر دو رویکرد را به کار می‌گیرد و نقاط ضعف آن‌ها را پوشش می‌دهد. قوانین خبره، دقت و سرعت را در شرایط شناخته‌شده فراهم می‌کنند و منطق فازی، انعطاف‌پذیری و توانایی تصمیم‌گیری در شرایط مبهم را ارائه می‌دهد.

اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی: در مواردی که چندین اقدام اصلاحی بالقوه وجود دارد، این لایه، اقدامات را بر اساس معیارهایی نظیر اثربخشی پیش‌بینی‌شده، هزینه پیاده‌سازی و تأثیر بر سایر سرویس‌ها اولویت‌بندی می‌کند. این اولویت‌بندی، به مدیران سامانه کمک می‌کند تا بهترین تصمیم را در شرایط محدودیت منابع اتخاذ کنند.

خروجی لایه تصمیم‌گیری: خروجی این لایه، شامل اقدام اصلاحی انتخاب‌شده (یا لیست اولویت‌بندی‌شده اقدامات) و همچنین توضیح منطق تصمیم‌گیری است که به لایه اجرا و بازخورد ارسال می‌شود.

لایه اجرا و بازخورد

پنجمین و آخرین لایه مدل، مسئول اجرای اقدامات اصلاحی و ثبت نتایج آن‌ها برای یادگیری مداوم است. این لایه شامل زیرمؤلفه‌های زیر است:

موتور اجرا: این مؤلفه، مسئول اعمال اقدامات اصلاحی در سامانه است. اقدامات می‌توانند به صورت خودکار (بدون نیاز به تأیید انسانی) یا نیمه‌خودکار (با نیاز به تأیید مدیر) اجرا شوند. نوع اقدامات شامل موارد زیر است:

- تغییر مقیاس منابع: افزایش یا کاهش منابع اختصاص‌یافته به یک خدمت بر اساس نیاز.
- راه‌اندازی مجدد سرویس: راه‌اندازی مجدد یک سرویس برای بازیابی از حالت نامطلوب.
- تغییر مسیر ترافیک: هدایت ترافیک به سرویس‌های جایگزین یا نسخه‌های پشتیبان.
- تنظیم پارامترها: تغییر پارامترهای پیکربندی سامانه برای بهبود کیفیت.
- ارسال هشدار: ارسال هشدار به تیم پشتیبانی در شرایطی که اقدام خودکار امکان‌پذیر نیست یا ریسک بالایی دارد.

ثبت نتایج: این مؤلفه، نتایج اقدامات اصلاحی را ثبت و تحلیل می‌کند. نتایج ثبت‌شده شامل اطلاعاتی نظیر زمان اجرا، مدت زمان اجرا، تأثیر بر شاخص‌های کیفیت، و هرگونه عارضه جانبی است. این اطلاعات، برای ارزیابی اثربخشی اقدامات و بهبود مدل‌های آینده استفاده می‌شوند.

ارزیابی اثربخشی: این مؤلفه، اثربخشی اقدامات انجام‌شده را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. ارزیابی بر اساس معیارهایی نظیر بهبود کیفیت، زمان بازیابی و هزینه اجرا انجام می‌شود. نتایج ارزیابی، به عنوان ورودی حلقه بازخورد برای بهبود مدل استفاده می‌شود.

حلقه بازخورد به لایه پیش‌بینی: یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مدل پیشنهادی، وجود حلقه بازخورد از لایه اجرا به لایه پیش‌بینی است. از طریق این حلقه، نتایج اقدامات اصلاحی و ارزیابی اثربخشی آن‌ها، به لایه پیش‌بینی بازگردانده می‌شود. این اطلاعات، برای به‌روزرسانی مدل‌های پیش‌بینی و بهبود دقت آن‌ها در آینده استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، مدل با هر بار اجرا و مشاهده نتایج، عملکرد خود را بهبود می‌بخشد.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

حلقه بازخورد به پایگاه قوانین: علاوه بر بازخورد به لایه پیش‌بینی، نتایج اقدامات نیز می‌توانند برای به‌روزرسانی پایگاه قوانین خبره استفاده شوند. اگر یک اقدام خاص، اثربخشی بالایی داشته باشد، قانون مربوطه تقویت می‌شود و اگر اثربخشی پایینی داشته باشد، قانون مورد بازنگری قرار می‌گیرد.

جریان داده در مدل

جریان داده در مدل پیشنهادی به صورت زیر است:

۱. داده‌های عملیاتی از منابع مختلف در سازمان جمع‌آوری شده و به لایه جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده ارسال می‌شوند.

۲. در لایه جمع‌آوری، داده‌ها استانداردسازی و نرمال‌سازی شده و برای پردازش در لایه بعدی آماده می‌شوند.

۳. داده‌های پردازش‌شده به لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری ارسال می‌شوند. در این لایه، داده‌ها از نظر کیفی بررسی شده، ویژگی‌های معنادار استخراج می‌شوند و ناهنجاری‌ها شناسایی می‌گردند.

۴. خروجی لایه پردازش (شامل داده‌های پردازش‌شده، ویژگی‌های استخراج‌شده و نتایج تشخیص ناهنجاری) به لایه پیش‌بینی هوشمند ارسال می‌شود.

۵. در لایه پیش‌بینی، با استفاده از ترکیبی از روش‌های مختلف، کیفیت خدمات در آینده پیش‌بینی می‌شود. خروجی این لایه، شامل پیش‌بینی وضعیت آینده کیفیت و میزان اطمینان به پیش‌بینی است.

۶. خروجی لایه پیش‌بینی به لایه تصمیم‌گیری و انتخاب اقدام اصلاحی ارسال می‌شود. در این لایه، بر اساس ترکیب قوانین خبره و منطق فازی، بهترین اقدام اصلاحی انتخاب می‌شود.

۷. اقدام اصلاحی انتخاب‌شده به لایه اجرا و بازخورد ارسال می‌شود. در این لایه، اقدام اصلاحی اجرا شده و نتایج آن ثبت و ارزیابی می‌شود.

۸. نتایج ارزیابی از طریق حلقه بازخورد، به لایه پیش‌بینی و پایگاه قوانین بازگردانده می‌شود تا مدل‌ها و قوانین به‌روزرسانی شوند و عملکرد مدل به مرور زمان بهبود یابد.

ویژگی‌های کلیدی مدل پیشنهادی

مدل پیشنهادی دارای ویژگی‌های کلیدی زیر است که آن را از پژوهش‌های پیشین متمایز می‌سازد:

یکپارچگی پیش‌بینی و بهبود: برخلاف پژوهش‌های پیشین که عمدتاً بر روی یکی از دو جنبه پیش‌بینی یا بهبود متمرکز بوده‌اند، مدل پیشنهادی هر دو قابلیت را در یک حلقه بازخورد بسته ترکیب می‌کند. این یکپارچگی، سامانه را به یک عامل فعال و خودگردان تبدیل می‌کند.

معماری چندلایه انعطاف‌پذیر: معماری چندلایه مدل، امکان توسعه، به‌روزرسانی و تعویض مستقل هر لایه را بدون تأثیر بر سایر بخش‌ها فراهم می‌کند. این ویژگی، پیاده‌سازی مدل را در سازمان‌هایی با هر نوع زیرساختی ممکن می‌سازد.

رویکرد ترکیبی در تصمیم‌گیری: ترکیب قوانین خبره و منطق فازی در لایه تصمیم‌گیری، باعث می‌شود تصمیمات اتخاذشده، نه تنها مبتنی بر داده، بلکه مبتنی بر دانش و حکمت انسانی نیز باشند و نیازی به داده‌های آموزشی حجیم نداشته باشند.

قابلیت توضیح‌پذیری: مدل پیشنهادی برای هر پیش‌بینی و هر تصمیم اصلاحی، یک توضیح قابل‌درک ارائه می‌دهد که شفافیت و اعتمادپذیری را افزایش می‌دهد.

یادگیری مداوم: وجود حلقه بازخورد در مدل، امکان یادگیری مداوم و سازگاری با تغییرات محیط را فراهم می‌کند و از کاهش تدریجی دقت مدل در طول زمان جلوگیری می‌نماید.

الگوریتم‌های پیشنهادی

در این بخش، الگوریتم‌های پیشنهادی برای هر یک از لایه‌های مدل تشریح می‌شوند. برای هر لایه، الگوریتم یا روش پیشنهادی به همراه توجیه منطقی آن ارائه می‌گردد. هدف از این بخش، نشان دادن چگونگی پیاده‌سازی هر لایه و نحوه تعامل

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

آن‌ها با یکدیگر است. لازم به ذکر است که الگوریتم‌های ارائه‌شده، به گونه‌ای طراحی شده‌اند که با داده‌های عملیاتی موجود در سازمان‌ها قابل پیاده‌سازی باشند و نیازی به داده‌های حجیم یا زیرساخت‌های محاسباتی سنگین نداشته باشند.

الگوریتم لایه جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده

لایه جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده، اولین گام در مدل پیشنهادی است. الگوریتم این لایه به صورت زیر طراحی شده است:

مرحله اول: شناسایی منابع داده

در این مرحله، تمام منابع داده‌ای که می‌توانند در پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات مؤثر باشند، شناسایی می‌شوند. این منابع عبارتند از:

- سامانه‌های پایش عملکرد (برای دریافت معیارهای زمان پاسخ‌دهی، توان عملیاتی، در دسترس‌بودن و نرخ خطا)
- سامانه‌های ثبت رویداد (برای دریافت گزارش‌های رویداد و خطا)
- سامانه‌های مدیریت پیکربندی (برای دریافت اطلاعات پیکربندی سامانه)
- پایگاه‌های داده عملیاتی (برای دریافت اطلاعات مربوط به ترافیک و الگوهای استفاده)

مرحله دوم: اتصال به منابع داده

پس از شناسایی منابع، اتصالات لازم به هر یک از آن‌ها برقرار می‌شود. برای هر منبع، یک رابط استاندارد طراحی می‌شود که امکان دریافت داده را به صورت دوره‌ای یا رویدادمحور فراهم می‌کند.

مرحله سوم: دریافت و استانداردسازی داده

داده‌های دریافتی از هر منبع، با فرمت استاندارد شده‌ای تبدیل می‌شوند. این استانداردسازی شامل یکسان‌سازی واحدهای اندازه‌گیری، یکسان‌سازی بازه‌های زمانی و تبدیل داده‌ها به فرمت یکپارچه است.

مرحله چهارم: نرمال‌سازی داده

داده‌های استانداردشده، نرمال‌سازی می‌شوند تا از تأثیر اختلاف مقیاس بین ویژگی‌های مختلف جلوگیری شود. برای این منظور، از روش نرمال‌سازی کمینه-بیشینه استفاده می‌شود که داده‌ها را به بازه صفر تا یک نگاشت می‌دهد.

مرحله پنجم: برچسب‌گذاری زمانی

هر رکورد داده، با زمان دریافت و زمان وقوع رویداد برچسب‌گذاری می‌شود. این برچسب‌گذاری، امکان تحلیل سری‌های زمانی را در لایه‌های بعدی فراهم می‌کند.

مرحله ششم: ذخیره‌سازی در حافظه موقت

داده‌های پردازش‌شده، در یک حافظه موقت (مانند پایگاه داده یا صف پیام) ذخیره می‌شوند تا برای پردازش در لایه بعدی آماده باشند.

الگوریتم لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری

لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری، داده‌های دریافتی از لایه قبل را پردازش کرده و الگوهای غیرعادی را شناسایی می‌کند. الگوریتم این لایه به صورت زیر است:

مرحله اول: پیش‌پردازش داده

داده‌های دریافتی از لایه جمع‌آوری، ابتدا از نظر کیفی بررسی می‌شوند:

- داده‌های گم‌شده: با استفاده از روش درون‌یابی خطی یا میانگین‌گیری از مقادیر همسایه، بازسازی می‌شوند.
- داده‌های پرت: با استفاده از روش تشخیص نقاط پرت مبتنی بر فاصله، شناسایی و اصلاح می‌شوند.
- داده‌های تکراری: شناسایی و حذف می‌شوند.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مرحله دوم: استخراج ویژگی

ویژگی‌های معنادار از داده‌های خام استخراج می‌شوند. این ویژگی‌ها عبارتند از:

- میانگین متحرک کوتاه‌مدت (برای نشان دادن روندهای اخیر)
- میانگین متحرک بلندمدت (برای نشان دادن روندهای کلی)
- تغییرات ناگهانی (برای شناسایی جهش‌های ناگهانی در معیارهای کیفیت)
- انحراف معیار (برای نشان دادن میزان نوسان)
- نسبت تغییرات به میانگین (برای نشان دادن شدت تغییرات)

مرحله سوم: تشخیص ناهنجاری

با استفاده از روش جنگل‌های ایزوله، الگوهای غیرعادی در داده‌ها شناسایی می‌شوند. جنگل‌های ایزوله، یک روش مبتنی بر درخت تصمیم است که با جداسازی تصادفی نقاط داده، نقاط ناهنجار را شناسایی می‌کند. این روش برای داده‌های با ابعاد بالا و بدون نیاز به داده‌های برچسب‌دار، عملکرد مناسبی دارد.

مرحله چهارم: تحلیل روند

روند تغییرات شاخص‌های کیفیت در بازه‌های زمانی مختلف (کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت) تحلیل می‌شود. این تحلیل، شامل شناسایی الگوهای افزایشی، کاهشی و چرخه‌ای است.

مرحله پنجم: تولید ویژگی‌های ورودی برای لایه پیش‌بینی

داده‌های پردازش‌شده، ویژگی‌های استخراج‌شده و نتایج تشخیص ناهنجاری، به عنوان ورودی لایه پیش‌بینی آماده می‌شوند. این ورودی‌ها به صورت بردارهای ویژگی‌های عددی و وضعیت‌های کیفی (ناهنجار یا عادی) هستند.

الگوریتم لایه پیش‌بینی هوشمند

لایه پیش‌بینی هوشمند، هسته اصلی مدل پیشنهادی است. الگوریتم این لایه به صورت زیر طراحی شده است:

مرحله اول: انتخاب مدل مناسب

بر اساس نوع داده و هدف پیش‌بینی، مدل مناسب انتخاب می‌شود. در مدل پیشنهادی، از ترکیب سه رویکرد استفاده می‌شود:

- تحلیل سری‌های زمانی با مدل خودهمبسته انباشته: برای شناسایی روندها و الگوهای خطی در داده‌ها.
- جنگل تصادفی: برای مدل‌سازی روابط غیرخطی و تعامل بین ویژگی‌ها.
- شبکه حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت: برای مدل‌سازی وابستگی‌های طولانی‌مدت در داده‌های سری زمانی.

مرحله دوم: آموزش مدل‌ها

هر یک از مدل‌های انتخاب‌شده، با استفاده از داده‌های تاریخی آموزش داده می‌شوند. فرآیند آموزش به صورت زیر انجام می‌شود:

- داده‌های تاریخی به دو مجموعه آموزش و اعتبارسنجی تقسیم می‌شوند.
- هر مدل با استفاده از مجموعه آموزش، پارامترهای خود را تنظیم می‌کند.
- عملکرد مدل‌ها با استفاده از مجموعه اعتبارسنجی ارزیابی می‌شود.
- پارامترهای هر مدل، بر اساس عملکرد آن در مجموعه اعتبارسنجی، بهینه‌سازی می‌شوند.

مرحله سوم: ترکیب پیش‌بینی‌ها

پس از آموزش مدل‌ها، پیش‌بینی‌های آن‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شوند. روش ترکیب به این صورت است که هر مدل، پیش‌بینی خود را ارائه می‌دهد و سپس با استفاده از روش میانگین‌گیری وزنی، پیش‌بینی نهایی محاسبه می‌شود. وزن هر مدل، بر اساس عملکرد آن در مجموعه اعتبارسنجی تعیین می‌شود.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مرحله چهارم: تخمین عدم‌قطعیت

علاوه بر پیش‌بینی مقدار کیفیت، میزان اطمینان به پیش‌بینی نیز محاسبه می‌شود. برای این منظور، از روش تحلیل فاصله اطمینان استفاده می‌شود. بدین صورت که برای هر پیش‌بینی، یک بازه مشخص محاسبه می‌شود که پیش‌بینی با احتمال مشخصی در آن بازه قرار می‌گیرد.

مرحله پنجم: پیش‌بینی نقض تعهدات سطح خدمات

با استفاده از پیش‌بینی‌های انجام‌شده و مقایسه آن‌ها با آستانه‌های تعیین‌شده در تعهدات سطح خدمات، موارد نقض قریب‌الوقوع شناسایی می‌شوند. اگر پیش‌بینی نشان دهد که یک شاخص کیفیت در بازه زمانی مشخصی از آستانه خود عبور خواهد کرد، یک هشدار نقض تعهدات سطح خدمات ثبت می‌شود.

مرحله ششم: تولید خروجی

خروجی این لایه شامل موارد زیر است:

- مقدار پیش‌بینی‌شده برای هر شاخص کیفیت در بازه‌های زمانی آینده
- میزان اطمینان به هر پیش‌بینی
- وضعیت نقض تعهدات سطح خدمات (در حال نقض، در آستانه نقض، یا عادی)
- هشدارهای مرتبط با نقض قریب‌وقوع تعهدات

الگوریتم لایه تصمیم‌گیری و انتخاب اقدام اصلاحی

لایه تصمیم‌گیری، بر اساس خروجی لایه پیش‌بینی، بهترین اقدام اصلاحی را انتخاب می‌کند. الگوریتم این لایه به صورت زیر است:

مرحله اول: دریافت خروجی لایه پیش‌بینی

خروجی لایه پیش‌بینی شامل پیش‌بینی کیفیت خدمات، میزان اطمینان و وضعیت نقض تعهدات، به عنوان ورودی این لایه دریافت می‌شود.

مرحله دوم: ارزیابی وضعیت فعلی و آینده

وضعیت فعلی کیفیت خدمات (بر اساس داده‌های لحظه‌ای) و وضعیت آینده آن (بر اساس پیش‌بینی‌ها) با یکدیگر مقایسه می‌شوند. بر اساس این مقایسه، وضعیت کلی سامانه در یکی از دسته‌های زیر قرار می‌گیرد:

- وضعیت عادی: کیفیت خدمات در وضعیت مطلوب است و پیش‌بینی نیز نشان‌دهنده ادامه این وضعیت است.
- وضعیت هشدار: کیفیت خدمات در وضعیت مطلوب است، اما پیش‌بینی نشان‌دهنده کاهش کیفیت در آینده نزدیک است.
- وضعیت بحرانی: کیفیت خدمات در وضعیت نامطلوب قرار دارد و یا پیش‌بینی نشان‌دهنده کاهش شدید کیفیت است.

مرحله سوم: جستجو در پایگاه قوانین خبره

بر اساس وضعیت شناسایی‌شده، در پایگاه قوانین خبره جستجو می‌شود تا قوانین مرتبط با آن وضعیت شناسایی شوند. هر قانون شامل یک شرط (وضعیت خاص) و یک نتیجه (اقدام اصلاحی پیشنهادی) است. به عنوان مثال:

- اگر وضعیت هشدار باشد و زمان پاسخ‌دهی در حال افزایش باشد، اقدام افزایش منابع پیشنهاد می‌شود.
- اگر وضعیت بحرانی باشد و نرخ خطا افزایش یافته باشد، اقدام راه‌اندازی مجدد سرویس پیشنهاد می‌شود.

مرحله چهارم: استنتاج فازی

در شرایطی که قوانین خبره پوشش کاملی ندارند یا داده‌ها با عدم‌قطعیت همراه هستند، از موتور استنتاج فازی استفاده می‌شود. در این مرحله:

- متغیرهای ورودی (شاخص‌های کیفیت و پیش‌بینی‌ها) به متغیرهای زبانی (مانند کم، متوسط، زیاد) تبدیل می‌شوند.
- قوانین فازی بر اساس متغیرهای زبانی تعریف می‌شوند.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

- با استفاده از روش استنتاج ممدانی، خروجی فازی (اقدام اصلاحی مناسب) محاسبه می‌شود.
- خروجی فازی با استفاده از روش مرکز ثقل، به یک مقدار قطعی تبدیل می‌شود.

مرحله پنجم: ترکیب نتایج

نتایج حاصل از پایگاه قوانین خبره و موتور استنتاج فازی با یکدیگر ترکیب می‌شوند. روش ترکیب به این صورت است که اگر قوانین خبره، یک اقدام مشخص را پیشنهاد کنند، همان اقدام انتخاب می‌شود. در غیر این صورت، از خروجی موتور فازی استفاده می‌شود.

مرحله ششم: اولویت‌بندی اقدامات

در مواردی که چندین اقدام اصلاحی بالقوه وجود دارد، اقدامات بر اساس معیارهای زیر اولویت‌بندی می‌شوند:

- اثربخشی پیش‌بینی‌شده: میزان تأثیر مورد انتظار بر بهبود کیفیت
- هزینه پیاده‌سازی: منابع مورد نیاز برای اجرای اقدام
- زمان اجرا: مدت زمان مورد نیاز برای اجرای اقدام
- تأثیر بر سایر سرویس‌ها: عوارض جانبی احتمالی بر سایر بخش‌های سامانه

مرحله هفتم: انتخاب اقدام نهایی

بر اساس اولویت‌بندی انجام‌شده، بهترین اقدام اصلاحی انتخاب می‌شود. اگر بهترین اقدام، ریسک بالایی داشته باشد یا نیاز به تأیید انسانی داشته باشد، به حالت نیمه‌خودکار تغییر داده می‌شود و تأیید مدیر قبل از اجرا درخواست می‌شود.

مرحله هشتم: تولید خروجی

خروجی این لایه شامل موارد زیر است:

- اقدام اصلاحی انتخاب‌شده
- اولویت‌بندی اقدامات جایگزین (در صورت نیاز)
- توضیح منطق تصمیم‌گیری (برای شفافیت و قابلیت توضیح‌پذیری)
- سطح خودمختاری (خودکار یا نیمه‌خودکار)

الگوریتم لایه اجرا و بازخورد

لایه اجرا و بازخورد، مسئول اجرای اقدامات اصلاحی و ثبت نتایج آن‌ها است. الگوریتم این لایه به صورت زیر است:

مرحله اول: دریافت اقدام اصلاحی

اقدام اصلاحی انتخاب‌شده در لایه تصمیم‌گیری، به همراه توضیحات و سطح خودمختاری، به این لایه ارسال می‌شود.

مرحله دوم: بررسی سطح خودمختاری

اگر سطح خودمختاری، خودکار باشد، اقدام بدون نیاز به تأیید انسانی اجرا می‌شود. اگر سطح خودمختاری، نیمه‌خودکار باشد، ابتدا درخواست تأیید به مدیر سامانه ارسال می‌شود و پس از دریافت تأیید، اقدام اجرا می‌شود.

مرحله سوم: اجرای اقدام

اقدام اصلاحی با استفاده از رابط‌های استاندارد با سامانه، اجرا می‌شود. نوع اقدام می‌تواند یکی از موارد زیر باشد:

- تغییر مقیاس منابع: ارسال درخواست به سامانه مدیریت منابع برای افزایش یا کاهش منابع.
- راه‌اندازی مجدد سرویس: ارسال دستور راه‌اندازی مجدد به سامانه مورد نظر.
- تغییر مسیر ترافیک: به‌روزرسانی قوانین مسیریابی برای هدایت ترافیک به مسیر جایگزین.
- تنظیم پارامترها: تغییر پارامترهای پیکربندی سامانه از طریق رابط مدیریت.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مرحله چهارم: ثبت نتایج

پس از اجرای اقدام، نتایج آن ثبت می‌شود. اطلاعات ثبت‌شده شامل موارد زیر است:

- زمان شروع و پایان اجرا
- مدت زمان اجرا
- وضعیت اجرا (موفق یا ناموفق)
- تأثیر بر شاخص‌های کیفیت (قبل و بعد از اجرا)
- هرگونه عارضه جانبی مشاهده‌شده

مرحله پنجم: ارزیابی اثربخشی

اثربخشی اقدام انجام‌شده، بر اساس معیارهای زیر ارزیابی می‌شود:

- میزان بهبود کیفیت خدمات
- زمان مورد نیاز برای تأثیرگذاری
- هزینه اجرا
- میزان عوارض جانبی

مرحله ششم: بازخورد به لایه پیش‌بینی

نتایج ارزیابی، از طریق حلقه بازخورد به لایه پیش‌بینی ارسال می‌شوند. این اطلاعات، برای به‌روزرسانی مدل‌های پیش‌بینی استفاده می‌شوند. اگر اقدام انجام‌شده مؤثر بوده باشد، مدل‌های پیش‌بینی، آن را به عنوان یک الگوی موفق در نظر می‌گیرند و اگر مؤثر نبوده باشد، به عنوان یک الگوی ناموفق در نظر گرفته می‌شود.

مرحله هفتم: بازخورد به پایگاه قوانین

همزمان با بازخورد به لایه پیش‌بینی، نتایج ارزیابی به پایگاه قوانین خبره نیز بازخورد داده می‌شوند. اگر یک قانون خاص، همواره به اقدامات مؤثر منجر شود، وزن آن افزایش می‌یابد و اگر همواره به اقدامات نامؤثر منجر شود، وزن آن کاهش می‌یابد یا قانون بازنگری می‌شود.

خلاصه الگوریتم‌های پیشنهادی

جدول (۱) خلاصه الگوریتم‌های پیشنهادی برای هر لایه را نشان می‌دهد.

جدول (۱): خلاصه الگوریتم‌های پیشنهادی برای لایه‌های مدل

خروجی اصلی	الگوریتم/روش پیشنهادی	لایه
داده های یکپارچه و نرمال شده	استانداردسازی، نرمال سازی، برچسب گذاری زمانی	جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده
ویژگی های استخراج شده و نتایج تشخیص ناهنجاری	پیش پردازش، استخراج ویژگی، جنگل های ایزوله	پردازش و تشخیص ناهنجاری
پیش بینی کیفیت و میزان اطمینان	ترکیب خودهمبسته انباشته،جنگل تصادفی و حافظه بلندمدت و کوتاه مدت	پیش بینی هوشمند
اقدام اصلاحی انتخاب شده و توضیح آن	ترکیب قوانین خبره و استنتاج فازی	تصمیم گیری و انتخاب اقدام
نتایج اجرا و بازخورد به لایه های قبلی	اجرای خودکار یا نیمه خودکار،ثبت وارزیابی نتایج	اجرا و بازخورد

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

جمع‌بندی الگوریتم‌های پیشنهادی

الگوریتم‌های ارائه‌شده در این بخش، با هدف پیاده‌سازی هر یک از لایه‌های مدل پیشنهادی طراحی شده‌اند. ویژگی‌های اصلی این الگوریتم‌ها عبارتند از:

سادگی و قابلیت پیاده‌سازی: الگوریتم‌ها با استفاده از روش‌های شناخته‌شده و کتابخانه‌های استاندارد قابل پیاده‌سازی هستند و نیازی به زیرساخت‌های پیچیده ندارند.

انعطاف‌پذیری: هر لایه می‌تواند به طور مستقل از سایر لایه‌ها پیاده‌سازی و به‌روزرسانی شود.

قابلیت توضیح‌پذیری: خروجی هر لایه، به ویژه لایه تصمیم‌گیری، با توضیحات قابل‌درکی همراه است که شفافیت را افزایش می‌دهد.

یادگیری مداوم: وجود حلقه‌های بازخورد، امکان بهبود تدریجی مدل و سازگاری با تغییرات محیط را فراهم می‌کند.

عدم نیاز به داده‌های حجیم: الگوریتم‌ها با داده‌های عملیاتی موجود در سازمان‌ها قابل پیاده‌سازی هستند و نیازی به داده‌های تاریخی گسترده ندارند.

ارزیابی مدل

در این بخش، مدل پیشنهادی از طریق تحلیل سناریوهای مفهومی و مقایسه کیفی با راه‌حل‌های موجود مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه رویکرد پژوهش، طراحی معماری است و داده‌های کمی در دسترس نیست، ارزیابی به صورت کیفی و مبتنی بر تحلیل سناریوهای مختلف انجام می‌شود. هدف از این ارزیابی، نشان دادن قابلیت‌های مدل در شرایط مختلف و مقایسه آن با راه‌حل‌های موجود در ادبیات موضوع است.

سناریوهای ارزیابی

برای ارزیابی مدل پیشنهادی، پنج سناریوی رایج در سازمان‌ها تعریف شده است. هر سناریو، نوع خاصی از کاهش کیفیت خدمات را شبیه‌سازی می‌کند و نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در هر سناریو چگونه عمل می‌کند. سناریوها بر اساس مطالعات پیشین و تجربیات عملی در سازمان‌های مختلف طراحی شده‌اند.

سناریوی اول: افزایش ناگهانی ترافیک

در این سناریو، حجم ترافیک سامانه به طور ناگهانی افزایش می‌یابد. این افزایش می‌تواند به دلیل رویدادهای خاص نظیر تخفیف‌های فصلی، کمپین‌های بازاریابی یا حملات سایبری رخ دهد. افزایش ترافیک، معمولاً منجر به افزایش زمان پاسخ‌دهی و کاهش توان عملیاتی سامانه می‌شود.

واکنش مدل پیشنهادی:

- لایه جمع‌آوری داده، افزایش ناگهانی در معیارهای زمان پاسخ‌دهی و توان عملیاتی را ثبت می‌کند.
- لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری، این افزایش را به عنوان یک ناهنجاری شناسایی می‌کند.
- لایه پیش‌بینی، با تحلیل روندهای گذشته، پیش‌بینی می‌کند که زمان پاسخ‌دهی در صورت ادامه روند فعلی، از آستانه تعیین‌شده فراتر خواهد رفت.
- لایه تصمیم‌گیری، بر اساس قوانین خبره، اقدام افزایش منابع را پیشنهاد می‌دهد و با استفاده از منطق فازی، میزان افزایش مورد نیاز را تعیین می‌کند.
- لایه اجرا، درخواست افزایش منابع را به سامانه مدیریت منابع ارسال می‌کند و نتایج آن را ثبت و ارزیابی می‌نماید.

مزیت مدل در این سناریو: مدل به صورت پیش‌گیرانه و قبل از اینکه کاهش کیفیت به کاربران نهایی تأثیر بگذارد، اقدام می‌کند. همچنین، با استفاده از منطق فازی، میزان افزایش منابع را به طور دقیق‌تری تعیین می‌کند و از تخصیص بیش از حد یا کم‌تر از حد منابع جلوگیری می‌نماید.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

سناریوی دوم: کاهش تدریجی کیفیت به دلیل فرسایش نرم‌افزاری

در این سناریو، کیفیت سامانه به تدریج و در بازه زمانی طولانی (چند روز تا چند هفته) کاهش می‌یابد. این کاهش معمولاً به دلیل مشکلاتی نظیر نشت حافظه، افزایش حجم پایگاه داده یا کاهش کارایی الگوریتم‌ها رخ می‌دهد.

واکنش مدل پیشنهادی:

- لایه جمع‌آوری داده، کاهش تدریجی در معیارهای کیفیت را ثبت می‌کند.
- لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری، این کاهش تدریجی را به عنوان یک ناهنجاری با شدت پایین شناسایی می‌کند.
- لایه پیش‌بینی، با تحلیل روندهای بلندمدت، پیش‌بینی می‌کند که در صورت ادامه روند فعلی، کیفیت سامانه در بازه چند روز آینده به سطح بحرانی خواهد رسید.
- لایه تصمیم‌گیری، بر اساس ترکیب قوانین خبره و منطق فازی، اقداماتی نظیر راه‌اندازی مجدد سامانه در زمان‌های کم‌بار، یا بهینه‌سازی پایگاه داده را پیشنهاد می‌دهد.
- لایه اجرا، اقدامات پیشنهادی را در زمان مناسب اجرا می‌کند و نتایج آن را ثبت می‌نماید.

مزیت مدل در این سناریو: مدل با تشخیص روندهای تدریجی و بلندمدت، می‌تواند اقدامات اصلاحی را قبل از اینکه کیفیت به سطح بحرانی برسد، انجام دهد. این ویژگی، مدل را از رویکردهای واکنشی که تنها پس از وقوع کاهش کیفیت وارد عمل می‌شوند، متمایز می‌سازد.

سناریوی سوم: خرابی یکی از مؤلفه‌های زیرساخت

در این سناریو، یکی از مؤلفه‌های حیاتی زیرساخت (مانند یک سرور یا یک سرویس پایه) دچار خرابی می‌شود و سامانه به صورت کامل یا جزئی از کار می‌افتد.

واکنش مدل پیشنهادی:

- لایه جمع‌آوری داده، افزایش ناگهانی نرخ خطا و کاهش شدید در دسترس‌بودن را ثبت می‌کند.
- لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری، این شرایط را به عنوان یک ناهنجاری بحرانی شناسایی می‌کند.
- لایه پیش‌بینی، با توجه به شدت و سرعت تغییرات، پیش‌بینی می‌کند که سامانه در معرض خطر قطعی کامل قرار دارد.
- لایه تصمیم‌گیری، بر اساس قوانین خبره، اقداماتی نظیر تغییر مسیر ترافیک به سرویس‌های پشتیبان یا راه‌اندازی مجدد مؤلفه خراب را پیشنهاد می‌دهد.
- لایه اجرا، اقدامات پیشنهادی را با بالاترین اولویت اجرا می‌کند و در صورت نیاز، هشدارهای لازم را به تیم پشتیبانی ارسال می‌نماید.

مزیت مدل در این سناریو: مدل با تشخیص سریع خرابی و پیشنهاد اقدامات مناسب، می‌تواند زمان بازیابی را به حداقل برساند. همچنین، با ارسال هشدارهای به موقع، تیم پشتیبانی را از وضعیت بحرانی آگاه می‌سازد.

سناریوی چهارم: تغییر الگوی استفاده کاربران

در این سناریو، الگوی استفاده کاربران از سامانه تغییر می‌کند. به عنوان مثال، تعداد کاربران هم‌زمان افزایش می‌یابد یا نوع درخواست‌ها به سمت عملیات سنگین‌تر تغییر می‌کند.

واکنش مدل پیشنهادی:

- لایه جمع‌آوری داده، تغییر در الگوی درخواست‌ها و افزایش مصرف منابع را ثبت می‌کند.
- لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری، این تغییرات را به عنوان یک ناهنجاری با شدت متوسط شناسایی می‌کند.
- لایه پیش‌بینی، با تحلیل الگوهای جدید، پیش‌بینی می‌کند که منابع فعلی برای پاسخگویی به الگوی جدید کافی نخواهند بود.
- لایه تصمیم‌گیری، با استفاده از ترکیب قوانین خبره و منطق فازی، اقداماتی نظیر افزایش منابع یا بهینه‌سازی معماری را پیشنهاد می‌دهد.
- لایه اجرا، اقدامات پیشنهادی را اجرا می‌کند و تغییرات الگو را برای به‌روزرسانی مدل‌های پیش‌بینی ثبت می‌نماید.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مزیت مدل در این سناریو: مدل با شناسایی تغییرات الگوی کاربران، می‌تواند خود را با شرایط جدید تطبیق دهد و کیفیت خدمات را در الگوی جدید نیز تضمین نماید.

سناریوی پنجم: ترکیب چندین مشکل به طور هم‌زمان

در این سناریو، ترکیبی از مشکلات مختلف به طور هم‌زمان رخ می‌دهد. به عنوان مثال، هم‌زمان با افزایش ترافیک، یکی از مؤلفه‌های زیرساخت نیز دچار کاهش کارایی می‌شود.

واکنش مدل پیشنهادی:

- لایه جمع‌آوری داده، ترکیبی از نشانه‌های مختلف (افزایش زمان پاسخ‌دهی، افزایش نرخ خطا و کاهش توان عملیاتی) را ثبت می‌کند.
- لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری، چندین ناهنجاری هم‌زمان را شناسایی می‌کند.
- لایه پیش‌بینی، با تحلیل هم‌زمان چندین شاخص، پیش‌بینی می‌کند که سامانه در شرایط بحرانی قرار خواهد گرفت.
- لایه تصمیم‌گیری، با استفاده از ترکیب قوانین خبره و منطق فازی، مجموعه‌ای از اقدامات اصلاحی را با اولویت‌بندی مناسب پیشنهاد می‌دهد.
- لایه اجرا، اقدامات را به ترتیب اولویت اجرا می‌کند و نتایج هر اقدام را ثبت و ارزیابی می‌نماید.

مزیت مدل در این سناریو: مدل با توانایی تحلیل هم‌زمان چندین شاخص و شناسایی تعاملات بین آن‌ها، می‌تواند در شرایط پیچیده نیز تصمیمات مناسبی اتخاذ کند. اولویت‌بندی اقدامات، به مدیران سامانه کمک می‌کند تا مؤثرترین اقدامات را در اولویت قرار دهند.

تحلیل مقایسه‌ای با راه‌حل‌های موجود

برای نشان دادن مزایای مدل پیشنهادی، آن را با چهار راه‌حل موجود در ادبیات موضوع و صنعت مقایسه می‌کنیم. این راه‌حل‌ها عبارتند از: راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای عملیات فناوری اطلاعات، دایناتریس، سامانه پایش پرومتئوس، و رویکردهای سنتی مبتنی بر آستانه.

مقایسه با راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای عملیات فناوری اطلاعات

راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای عملیات فناوری اطلاعات، از هوش مصنوعی برای تحلیل داده‌های عملیاتی و تشخیص ناهنجاری استفاده می‌کنند. با این حال، این راه‌حل‌ها عمدتاً بر روی تشخیص ناهنجاری و پیش‌بینی متمرکز هستند و قابلیت بهبود خودکار را ندارند. مدل پیشنهادی با یکپارچه‌سازی پیش‌بینی و بهبود، گامی فراتر از این راه‌حل‌ها برداشته است.

مقایسه با دایناتریس

دایناتریس، یک راه‌حل تجاری برای پایش عملکرد برنامه‌ها است که از هوش مصنوعی برای تشخیص ناهنجاری و تحلیل علت ریشه‌یابی استفاده می‌کند. با این حال، دایناتریس عمدتاً بر روی تشخیص مشکلات موجود متمرکز است و قابلیت پیش‌بینی و بهبود خودکار را به صورت کامل ارائه نمی‌دهد. همچنین، دایناتریس یک راه‌حل بسته است و امکان سفارشی‌سازی و توسعه آن به راحتی وجود ندارد. مدل پیشنهادی با معماری چندلایه انعطاف‌پذیر خود، امکان سفارشی‌سازی و توسعه را برای سازمان‌های مختلف فراهم می‌کند.

مقایسه با پرومتئوس

پرومتئوس، یک سامانه متن‌باز برای جمع‌آوری و پایش معیارهای عملکردی است. این سامانه قابلیت‌های خوبی در جمع‌آوری داده و نمایش آن‌ها دارد، اما فاقد قابلیت‌های پیش‌بینی و بهبود خودکار است. پرومتئوس صرفاً یک ابزار پایش است و برای پیش‌بینی و بهبود، نیاز به توسعه ماژول‌های جداگانه دارد. مدل پیشنهادی می‌تواند به عنوان یک لایه بالادست بر روی پرومتئوس پیاده‌سازی شود و قابلیت‌های پیش‌بینی و بهبود را به آن اضافه کند.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

مقایسه با روش‌های سنتی مبتنی بر آستانه

روش‌های سنتی مبتنی بر آستانه، ساده‌ترین رویکرد برای مدیریت کیفیت خدمات هستند. در این روش‌ها، برای هر شاخص کیفیت، یک آستانه تعیین می‌شود و در صورت عبور از آن آستانه، هشدار ارسال می‌گردد. این روش‌ها ماهیتاً واکنشی هستند و توانایی پیش‌بینی و بهبود خودکار را ندارند. مدل پیشنهادی با رویکرد پیش‌گیرانه و قابلیت‌های پیش‌بینی و بهبود، به طور قابل‌توجهی از این روش‌ها کارآمدتر است.

تحلیل مزایا و محدودیت‌های مدل پیشنهادی

مزایا

بر اساس تحلیل سناریوها و مقایسه با راه‌حل‌های موجود، مزایای مدل پیشنهادی به شرح زیر است:

پیش‌بینی پیش‌گیرانه: مدل با پیش‌بینی کاهش کیفیت قبل از وقوع، امکان اقدامات پیش‌گیرانه را فراهم می‌کند و از بروز اختلال در خدمت جلوگیری می‌نماید.

بهبود خودکار: مدل با یکپارچه‌سازی پیش‌بینی و بهبود، به صورت خودکار اقدامات اصلاحی را اجرا می‌کند و نیاز به مداخله انسانی را به حداقل می‌رساند.

انعطاف‌پذیری: معماری چندلایه مدل، امکان پیاده‌سازی در سازمان‌هایی با زیرساخت‌های متنوع را فراهم می‌کند.

قابلیت توضیح‌پذیری: مدل با ارائه توضیحات قابل‌درک برای هر پیش‌بینی و تصمیم، شفافیت و اعتمادپذیری را افزایش می‌دهد.

یادگیری مداوم: وجود حلقه بازخورد، امکان بهبود تدریجی مدل و سازگاری با تغییرات محیط را فراهم می‌کند.

عدم نیاز به داده‌های حجیم: مدل با استفاده از ترکیب قوانین خبره و منطق فازی، نیازی به داده‌های آموزشی حجیم ندارد و با داده‌های عملیاتی موجود قابل پیاده‌سازی است.

یکپارچگی: مدل با یکپارچه‌سازی فرآیندهای مختلف، یک راه‌حل جامع و منسجم برای مدیریت کیفیت خدمات ارائه می‌دهد.

محدودیت‌ها

با وجود مزایای متعدد، مدل پیشنهادی دارای محدودیت‌هایی نیز هست که باید مورد توجه قرار گیرد:

وابستگی به کیفیت داده‌ها: عملکرد مدل به کیفیت داده‌های ورودی وابسته است. داده‌های ناقص یا با کیفیت پایین، می‌توانند دقت پیش‌بینی‌ها را کاهش دهند.

پیچیدگی پیاده‌سازی: پیاده‌سازی کامل مدل نیازمند تخصص در حوزه‌های مختلف از جمله یادگیری ماشین، مهندسی نرم‌افزار و مدیریت زیرساخت است.

نیاز به قوانین خبره اولیه: عملکرد لایه تصمیم‌گیری به کیفیت قوانین خبره اولیه وابسته است. تدوین این قوانین نیازمند دانش و تجربه متخصصان حوزه فناوری اطلاعات است.

ریسک اقدامات خودکار: در برخی شرایط، اقدامات خودکار ممکن است عوارض جانبی ناخواسته‌ای داشته باشند. برای کاهش این ریسک، مدل از حالت نیمه‌خودکار در شرایط پرریسک استفاده می‌کند.

جمع‌بندی ارزیابی

بر اساس تحلیل سناریوهای پنج‌گانه و مقایسه با راه‌حل‌های موجود، می‌توان نتیجه گرفت که مدل پیشنهادی، یک راه‌حل جامع و کارآمد برای پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات سازمانی است. این مدل با یکپارچه‌سازی فرآیندهای مختلف، ارائه قابلیت‌های پیش‌بینی و بهبود، و بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی قوانین خبره و منطق فازی، می‌تواند نیازهای سازمان‌ها را در مدیریت کیفیت خدمات به طور مؤثری برآورده سازد. اگرچه مدل دارای محدودیت‌هایی است، اما با طراحی مناسب و رعایت نکات ایمنی، می‌تواند به عنوان یک راه‌حل استراتژیک در سازمان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این بخش، ابتدا خلاصه‌ای از دستاوردهای پژوهش ارائه می‌شود. سپس، نتیجه‌گیری نهایی بر اساس یافته‌های پژوهش بیان می‌گردد. در ادامه، محدودیت‌های پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت، مسیرهای آتی پژوهش و توسعه مدل پیشنهادی ترسیم می‌شود.

خلاصه پژوهش

پژوهش حاضر با هدف طراحی و ارائه یک مدل هوشمند برای پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات سازمانی مبتنی بر هوش مصنوعی انجام شده است. در این پژوهش، ابتدا مسئله مدیریت کیفیت خدمات در سازمان‌ها و چالش‌های مرتبط با آن مورد بررسی قرار گرفت. روش‌های سنتی مبتنی بر آستانه، به دلیل ماهیت واکنشی و ناتوانی در پیش‌بینی و بهبود پیش‌گیرانه، ناکارآمد شناخته شدند و ضرورت ارائه یک مدل یکپارچه و هوشمند احساس گردید.

پس از مرور نظام‌مند پژوهش‌های پیشین در چهار حوزه اصلی پیش‌بینی بار کاری و تخصیص منابع، تشخیص ناهنجاری و پیش‌بینی خرابی، پیش‌بینی کیفیت خدمات، و خودترمیمی و بهبود خودکار، شکاف‌های پژوهشی شناسایی شدند. این شکاف‌ها شامل یکپارچگی پیش‌بینی و بهبود، انعطاف‌پذیری معماری، قابلیت توضیح‌پذیری و شفافیت، و نبود یک حلقه بازخورد جامع برای یادگیری مداوم بودند.

بر اساس شکاف‌های شناسایی‌شده، مدل پیشنهادی با معماری چندلایه شامل پنج لایه اصلی طراحی گردید: لایه جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده، لایه پردازش و تشخیص ناهنجاری، لایه پیش‌بینی هوشمند، لایه تصمیم‌گیری و انتخاب اقدام اصلاحی، و لایه اجرا و بازخورد. نوآوری‌های اصلی مدل شامل یکپارچگی کامل پیش‌بینی و بهبود در یک معماری منسجم، معماری چندلایه انعطاف‌پذیر، رویکرد ترکیبی قوانین خبره و منطق فازی در تصمیم‌گیری، قابلیت توضیح‌پذیری توکار، و حلقه بازخورد و یادگیری مداوم است.الگوریتم‌های پیشنهادی برای هر یک از لایه‌ها طراحی شدند. در لایه جمع‌آوری، از روش‌های استانداردسازی و نرمال‌سازی داده استفاده گردید. در لایه پردازش، از جنگل‌های ایزوله برای تشخیص ناهنجاری بهره گرفته شد. در لایه پیش‌بینی، ترکیبی از مدل خودهمبسته انباشته، جنگل تصادفی و شبکه حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت برای پیش‌بینی کیفیت خدمات استفاده گردید. در لایه تصمیم‌گیری، ترکیب قوانین خبره و منطق فازی برای انتخاب اقدامات اصلاحی به کار گرفته شد و در لایه اجرا، مکانیزم‌های اجرای خودکار و نیمه‌خودکار به همراه ثبت نتایج و بازخورد طراحی گردید.

ارزیابی مدل از طریق تحلیل پنج سناریوی مفهومی و مقایسه کیفی با چهار راه‌حل موجود انجام شد. سناریوهای ارزیابی شامل افزایش ناگهانی ترافیک، کاهش تدریجی کیفیت به دلیل فرسایش نرم‌افزاری، خرابی یکی از مؤلفه‌های زیرساخت، تغییر الگوی استفاده کاربران، و ترکیب چندین مشکل به طور هم‌زمان بودند. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل پیشنهادی در تمامی سناریوها عملکرد مناسبی دارد و نسبت به راه‌حل‌های موجود از مزایای قابل‌توجهی برخوردار است.

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس یافته‌های پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مدل هوشمند پیشنهادی، یک راه‌حل جامع و کارآمد برای مدیریت کیفیت خدمات سازمانی است. این مدل با یکپارچه‌سازی فرآیندهای پیش‌بینی و بهبود در یک معماری منسجم، گامی اساسی در جهت تحقق سامانه‌های خودگردان و پیش‌گیرانه برداشته است. مهم‌ترین دستاوردهای پژوهش به شرح زیر است:

یکپارچگی پیش‌بینی و بهبود: مدل پیشنهادی با ترکیب هر دو قابلیت در یک حلقه بازخورد بسته، امکان مدیریت کیفیت خدمات را به صورت پیش‌گیرانه و خودکار فراهم می‌کند. این یکپارچگی، سامانه را از حالت صرفاً هشداردهنده به یک عامل فعال و خودگردان تبدیل می‌سازد که می‌تواند بدون مداخله انسان، کیفیت خدمات را مدیریت کند.

معماری انعطاف‌پذیر و قابل توسعه: معماری چندلایه مدل، امکان پیاده‌سازی در سازمان‌هایی با زیرساخت‌های متنوع را فراهم می‌کند. هر لایه می‌تواند به طور مستقل توسعه، به‌روزرسانی یا تعویض شود، بدون اینکه تأثیری بر سایر بخش‌های مدل داشته باشد. این ویژگی، مدل را برای طیف گسترده‌ای از سازمان‌ها قابل استفاده می‌سازد.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

تصمیم‌گیری هوشمندانه: رویکرد ترکیبی قوانین خبره و منطق فازی در لایه تصمیم‌گیری، باعث می‌شود تصمیمات اتخاذشده، نه تنها مبتنی بر داده، بلکه مبتنی بر دانش و حکمت انسانی نیز باشند. این رویکرد، نیازی به داده‌های آموزشی حجیم ندارد و در عین حال، قابلیت تصمیم‌گیری در شرایط مبهم و با عدم‌قطعیت را نیز داراست.

شفافیت و اعتمادپذیری: قابلیت توضیح‌پذیری مدل، شفافیت و اعتمادپذیری را افزایش می‌دهد و پذیرش آن را در محیط‌های عملیاتی تسهیل می‌کند. مدیران سامانه می‌توانند دلیل هر پیش‌بینی و هر تصمیم اصلاحی را درک کنند و بر اساس آن، تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذ نمایند.

یادگیری مداوم و سازگاری: وجود حلقه بازخورد در مدل، امکان یادگیری مداوم و سازگاری با تغییرات محیط را فراهم می‌کند. مدل با هر بار اجرا و مشاهده نتایج، عملکرد خود را بهبود می‌بخشد و از کاهش تدریجی دقت در طول زمان جلوگیری می‌نماید.

عدم نیاز به داده‌های حجیم: مدل با استفاده از ترکیب قوانین خبره و منطق فازی، نیازی به داده‌های آموزشی حجیم ندارد و با داده‌های عملیاتی موجود در سازمان‌ها قابل پیاده‌سازی است. این ویژگی، مدل را برای سازمان‌هایی با منابع محدود نیز قابل استفاده می‌سازد.

در مجموع، مدل پیشنهادی می‌تواند به عنوان یک راه‌حل استراتژیک در سازمان‌هایی که به کیفیت خدمات خود اهمیت می‌دهند، مورد استفاده قرار گیرد. این مدل با کاهش هزینه‌های ناشی از افت کیفیت، افزایش رضایت کاربران و بهبود بهره‌وری، می‌تواند به ارتقای عملکرد سازمان‌ها کمک شایانی نماید.

محدودیت‌های پژوهش

پژوهش حاضر، با وجود دستاوردهای قابل‌توجه، دارای محدودیت‌هایی است که باید در نظر گرفته شوند:

عدم پیاده‌سازی عملیاتی: مدل پیشنهادی در این پژوهش، به صورت مفهومی و معماری طراحی شده است و پیاده‌سازی عملیاتی آن در یک محیط واقعی انجام نشده است. برای تأیید کامل کارایی مدل، نیاز به پیاده‌سازی و آزمایش در یک محیط عملیاتی وجود دارد.

وابستگی به کیفیت قوانین خبره: عملکرد لایه تصمیم‌گیری، به کیفیت قوانین خبره تدوین‌شده وابسته است. تدوین قوانین جامع و کامل، نیازمند دانش و تجربه متخصصان حوزه فناوری اطلاعات است و ممکن است در سازمان‌های مختلف، قوانین متفاوتی مورد نیاز باشد.

نیاز به تنظیم اولیه: مدل برای هر سازمان، نیاز به تنظیم اولیه دارد. این تنظیم شامل تعریف شاخص‌های کیفیت مناسب، تعیین آستانه‌ها، تدوین قوانین خبره و تنظیم پارامترهای مدل‌های پیش‌بینی است. این فرآیند، زمان‌بر بوده و نیازمند تخصص است.

مقیاس‌پذیری: مدل برای سازمان‌های با تعداد سرویس‌های محدود طراحی شده است. برای سازمان‌هایی با تعداد سرویس‌های بسیار زیاد، ممکن است نیاز به بهینه‌سازی‌های بیشتری در معماری و الگوریتم‌ها وجود داشته باشد.

ماهیت کیفی ارزیابی: ارزیابی مدل به صورت کیفی و مبتنی بر تحلیل سناریوهای مفهومی انجام شده است. برای ارزیابی کمی دقیق‌تر، نیاز به داده‌های واقعی و پیاده‌سازی عملیاتی مدل است.

کارهای آینده

پژوهش حاضر، مسیرهای متعددی را برای توسعه و بهبود مدل پیشنهادی فراهم می‌آورد. مهم‌ترین کارهای آینده عبارتند از:

پیاده‌سازی عملیاتی: پیاده‌سازی مدل در یک محیط واقعی و ارزیابی کمی آن، مهم‌ترین گام آینده است. این پیاده‌سازی می‌تواند در قالب یک مطالعه موردی در یکی از سازمان‌ها انجام شود و نتایج آن با روش‌های موجود مقایسه گردد.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

استفاده از روش‌های یادگیری عمیق: با توجه به پیشرفت‌های اخیر در حوزه یادگیری عمیق، می‌توان از روش‌های پیشرفته‌تری نظیر شبکه‌های ترانسفورمر برای پیش‌بینی کیفیت خدمات استفاده کرد. این روش‌ها می‌توانند دقت پیش‌بینی را افزایش دهند، اما نیازمند داده‌های حجیم‌تر و زیرساخت‌های قوی‌تر هستند.

استفاده از داده‌های کیفی: افزودن داده‌های کیفی نظیر نظرات کاربران و گزارش‌های پشتیبانی به لایه جمع‌آوری داده، می‌تواند دقت پیش‌بینی را بهبود بخشد. تحلیل این داده‌ها با استفاده از روش‌های پردازش زبان طبیعی، می‌تواند بینش‌های ارزشمندی را ارائه دهد.

توسعه برای محیط‌های ابری: با توجه به گسترش سامانه‌های ابری، مدل می‌تواند برای محیط‌های ابری و کانتینری بهینه‌سازی شود. این بهینه‌سازی می‌تواند شامل استفاده از سامانه‌های مدیریت کانتینرها و سرویس‌های بومی ابری باشد.

ایجاد رابط کاربری: ایجاد یک رابط کاربری برای نمایش وضعیت کیفیت خدمات، پیش‌بینی‌ها و اقدامات اصلاحی، می‌تواند به مدیران سامانه در درک بهتر وضعیت و تصمیم‌گیری کمک کند.

توسعه قابلیت‌های خودمختاری: با افزایش بلوغ مدل و کاهش ریسک اقدامات خودکار، می‌توان سطح خودمختاری مدل را افزایش داد و سامانه را به سمت خودمختاری کامل حرکت داد.

استفاده از یادگیری تقویتی: به جای قوانین خبره، می‌توان از روش‌های یادگیری تقویتی برای آموزش عامل هوشمند در انتخاب اقدامات اصلاحی استفاده کرد. این رویکرد، می‌تواند به سیاست‌های بهینه‌تری منجر شود.

جمع‌بندی نهایی

در این پژوهش، یک مدل هوشمند مبتنی بر معماری چندلایه برای پیش‌بینی و بهبود کیفیت خدمات سازمانی ارائه شد. این مدل با یکپارچه‌سازی فرآیندهای پیش‌بینی و بهبود، بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی قوانین خبره و منطق فازی، و ایجاد حلقه بازخورد برای یادگیری مداوم، گامی اساسی در جهت تحقق سامانه‌های خودگردان و پیش‌گیرانه برداشته است.

ارزیابی کیفی مدل از طریق تحلیل سناریوهای مفهومی و مقایسه با راه‌حل‌های موجود، نشان‌دهنده مزایای قابل‌توجه مدل نسبت به روش‌های سنتی و حتی بسیاری از راه‌حل‌های هوشمند موجود است.

با وجود محدودیت‌هایی نظیر عدم پیاده‌سازی عملیاتی و نیاز به تنظیم اولیه، مدل پیشنهادی به عنوان یک راه‌حل استراتژیک می‌تواند در سازمان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد و به بهبود کیفیت خدمات، کاهش هزینه‌ها و افزایش رضایت کاربران کمک نماید. مسیرهای آتی پژوهش، از جمله پیاده‌سازی عملیاتی، استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر یادگیری و توسعه برای محیط‌های ابری، می‌تواند مدل را به راه‌حلی جامع‌تر و کارآمدتر تبدیل سازد.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

منابع

[۱] م. حسینی و ع. کریمی، «پیش‌بینی کیفیت خدمات در رایانش ابری با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق»، مجله علمی پژوهشی انجمن کامپیوتر ایران، جلد ۱۸، شماره ۲، صص ۳۹-۲۴، پاییز ۱۴۰۴.

[۲] دهقانی و همکاران، «طراحی معماری چندلایه برای مدیریت کیفیت خدمات در سازمان‌های بزرگ مقیاس»، فصلنامه علمی پژوهشی فناوری اطلاعات، شماره ۶۸، صص ۵۱-۳۴، شهریور ۱۴۰۴.

[۳] الف. صادقی، «یادگیری مداوم در مدل‌های پیش‌بینی کیفیت خدمات: چالش‌ها و راهکارها»، مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس ملی هوش مصنوعی و پردازش داده‌ها، مشهد، ۱۴۰۵، صص ۸-۱.

[۴] م. باقری و همکاران، «پیش‌بینی نقض تعهدات سطح خدمات با استفاده از شبکه‌های عصبی حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت در محیط‌های ابری»، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین‌المللی محاسبات ابری و اینترنت اشیا، تهران، ۱۴۰۵، صص ۱۰-۱.

[۵] ن. جعفری و س. رضایی، «خودترمیمی در ریزخدمت‌ها: مروری بر رویکردها و چالش‌ها»، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس ملی مهندسی نرم‌افزار، تهران، ۱۴۰۴، صص ۱۲-۱.

[۶] م. موسوی و همکاران، «تشخیص ناهنجاری در محیط‌های ابری با استفاده از یادگیری بدون نظارت»، مجله علمی پژوهشی انجمن کامپیوتر ایران، جلد ۱۹، شماره ۱، صص ۱۸-۱، بهار ۱۴۰۵.

[۷] پ. کاظمی و م. طهماسبی، «ارائه چارچوبی برای خودترمیمی پیش‌گیرانه در سامانه‌های توزیع‌شده با رویکرد یادگیری تقویتی»، مجله علمی پژوهشی انجمن کامپیوتر ایران، جلد ۲۰، شماره ۱، صص ۲۹-۱۲، بهار ۱۴۰۵.

[8] K. G. Bandara, "From Predictive Reliability to Responsible Autonomy: Designing Sustainable Self-Healing in Production AI Systems," presented at the Soft Computing Research Society Conference, 2025.

[9] K. Murphy, A. Ravigotte, and C. Lepers, "Fault Prediction for Heterogeneous Telecommunication Networks using Machine Learning: A Survey," IEEE Transactions on Network and Service Management, vol. 21, no. 4, pp. 1-18, Apr. 2024

[10] Y. Zhang et al., "MG-WEP: Multi-Granularity Workload Ensemble and Variational Inference for Multivariate Computing Power Prediction," IEEE Transactions on Services Computing, vol. 18, no. 6, pp. 5471-5488, Dec. 2025.

[11] A. Khalaf, M. Elhassan, and A. E. Sassanian, "Deep Reinforcement Learning for Dynamic Resource Allocation in Cloud Computing," Future Generation Computer Systems, vol. 152, pp. 345-358, Mar. 2024.

[12] T. Chen, S. Wang, and L. Zhang, "Hybrid Anomaly Detection in Distributed Systems Using Autoencoder and GAN," IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, vol. 21, no. 4, pp. 2100-2115, Jul.-Aug. 2024.

[13] M. C. Okyere, C. C. Olearia, and E. Kwando, "AI Analytics in SDN Network Management: A Review," International Journal of Computer Science and Modern Technology, vol. 8, no. 2, pp. 1-18, May 2026.

[14] S. Lee, H. Kim, and J. Park, "Deep Reinforcement Learning for Self-Healing Microservices," IEEE Transactions on Cloud Computing, vol. 12, no. 3, pp. 890-903, Jul.-Sep. 2024.

[15] A. Kumar and M. Singh, "Self-Healing Cloud Systems: A Survey of Automated Remediation Techniques," IEEE Cloud Computing, vol. 10, no. 2, pp. 45-53, Mar.-Apr. 2023.

[16] N. Gupta and N. Bangura, "Intelligent Predictive Architectures for Autonomous Self-Healing in Cloud Computing: A Comprehensive Survey," International Journal of Engineering Research and Technology, vol. 15, no. 5, May 2026.

[17] Z. Wang et al., "Osbert: An Uncertainty-Aware Approach Based on Pretrained Language Models for Service Quality Prediction," IEEE Transactions on Services Computing, vol. 18, no. 6, pp. 4096-4108, Nov.-Dec. 2025.

[18] Y. Ying et al., "A Deep Learning Prediction Approach for Machine Workload in Cloud Computing," in Proc. IEEE International Conference on Data-driven Optimization of Complex Systems (DOCS), Tianjin, China, Sep. 2023, pp. 1-8.

ISSN: 2745-3673
http://www.Rcsj.ir

[19] L. Chen and L. Cao, "A Hybrid Approach for QoS Prediction in Cloud Services," IEEE Transactions on Services Computing, vol. 16, no. 3, pp. 1789-1802, May-Jun. 2023.
[20] O. F. Alofi, K. Defame, F. Saeed, and F. Ghadban, "A Survey on Predicting Workloads and Optimizing QoS in the Cloud Computing," Korea Science, vol. 12, no. 1, pp. 1-8, Feb. 2024.
[21] R. S. Sutton and A. G. Barton, Reinforcement Learning: An Introduction, 2nd ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2020.
[22] M. H. Alevi, "A survey on AIOps: Challenges and opportunities," IEEE Transactions on Services Computing, vol. 15, no. 4, pp. 2100-2115, Jul. 2022.