



Paper Type: Original Article



Improving Enterprise Resource Planning Software Quality through Artificial Intelligence Assistant Deployment and Action Research

Seyyede Mohaddese Hashemi¹ , Ali Molazem Alhosseini¹ , Seyyed Hesammedin Zegordi^{1,*}

¹ Department of Industrial Engineering Tarbiat Modares University, Tehran, Iran; sm_hashemi@modares.ac.ir; a.molazemalhosseini@modares.ac.ir; zegordi@modares.ac.ir.

Citation:



Hashemi, S. M., Molazem Alhosseini, A., Zegordi, S. H. (2026). Improving Enterprise Resource Planning Software Quality through Artificial Intelligence Assistant Deployment and Action Research. *Management Sciences and Decision Analysis*, 4(1), 14-24.

Received: 17/03/2025

Reviewed: 22/05/2025

Revised: 16/07/2025

Accepted: 03/10/2025

Abstract

Purpose: The quality of Enterprise Resource Planning (ERP) software plays a critical role in implementation success, user satisfaction, and the effectiveness of organizational processes. Although artificial intelligence has increasingly been integrated into enterprise systems, much of the existing research has focused on data analytics, prediction, and core process automation. Comparatively less attention has been paid to the practical use of AI assistants for user training, online support, version-update communication, and software quality improvement. Empirical evidence concerning the evaluation of such interventions through standardized software quality criteria in real development environments also remains limited. Therefore, this study aims to examine how deploying an AI assistant within an action research process can improve ERP software quality and user experience.

Methodology: This applied study adopts an action research strategy in an ERP software development company. First, software quality criteria derived from the ISO/IEC 9126 model were prioritized using Group Analytic Hierarchy Process with the participation of software developers, current users, and prospective customers. An experimental AI assistant was then deployed in key ERP modules to support user training, answer frequently asked questions, provide online assistance, and communicate software updates. In parallel, software testing and quality-control processes were redesigned. A 23-item questionnaire based on ISO/IEC 9126 quality dimensions was used to evaluate the intervention, and 37 valid responses were analyzed. Descriptive statistics, Ordinary Least Squares regression, correlation analysis, and the Variance Inflation Factor were employed to examine the data.

Findings: The findings indicate that deploying the AI assistant facilitated user training, accelerated responses to user inquiries, reduced part of the support team's workload, and improved user interaction with the ERP software. The redesigned testing and quality-control processes also created a more structured mechanism for reviewing new releases and identifying defects. At the variable level, software accuracy and security showed significant negative associations with satisfaction, whereas suitability and resource behavior had positive effects that were close to statistical significance. Accordingly, the results should be interpreted as evidence of the operational potential of AI assistance rather than definitive proof of a universal causal effect.

Originality/Value: This study connects three areas that are commonly examined separately: standardized software quality assessment, group decision-making for quality-criteria prioritization, and the practical deployment of an AI assistant in a real ERP environment. Unlike studies that discuss the potential advantages of AI conceptually, this research designs and evaluates an operational intervention in user training, support, and software communication. It also demonstrates that enhancing user experience requires more than adding intelligent capabilities and should be accompanied by redesigned testing procedures, quality-control practices, and careful management of the trade-offs among software accuracy, security, complexity, and usability.

Keywords: Enterprise resource planning, Artificial intelligence assistant, Software quality, Action research, ISO/IEC 9126, Group analytic hierarchy process, User satisfaction.



Corresponding Author: zegordi@modares.ac.ir

<https://doi.org/10.22105/msda.v4i1.140>

Licensee. **Management Sciences and Decision Analysis**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

بهبود کیفیت نرم افزار برنامه ریزی منابع سازمانی با استقرار دستیار هوش مصنوعی و اقدام پژوهی

سیده محدثه هاشمی^۱، علی ملازم الحسینی^۱، سید حسام الدین ذگردی^{۱*}

^۱گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده

هدف: کیفیت نرم افزار برنامه ریزی منابع سازمانی نقش تعیین کننده ای در موفقیت استقرار، رضایت کاربران و اثربخشی فرایندهای سازمانی دارد. با وجود گسترش کاربرد هوش مصنوعی در سیستم های سازمانی، بخش قابل توجهی از مطالعات پیشین بر تحلیل داده، پیش بینی و خودکارسازی فرایندهای اصلی تمرکز داشته اند و کاربرد عملی دستیارهای هوش مصنوعی در آموزش کاربران، پشتیبانی برخط، اطلاع رسانی نسخه ها و بهبود فرایندهای کنترل کیفیت کمتر بررسی شده است. همچنین شواهد تجربی درباره ارزیابی چنین مداخلاتی بر پایه معیارهای استاندارد کیفیت نرم افزار در محیط های واقعی توسعه نرم افزار محدود است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی چگونگی بهبود کیفیت نرم افزار برنامه ریزی منابع سازمانی و تجربه کاربران از طریق استقرار یک دستیار هوش مصنوعی در چارچوب اقدام پژوهی انجام شد.

روش شناسی پژوهش: این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر راهبرد، مبتنی بر اقدام پژوهی در یک شرکت توسعه دهنده نرم افزار برنامه ریزی منابع سازمانی است. در ابتدا، معیارهای کیفیت نرم افزار بر پایه مدل *ISO/IEC 9126* و با مشارکت تولیدکنندگان نرم افزار، کاربران فعلی و مشتریان بالقوه از طریق فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی اولویت بندی شدند. سپس نسخه ای آزمایشی از یک دستیار هوش مصنوعی در ماژول های اصلی نرم افزار برای آموزش کاربران، پاسخ گویی به پرسش های متداول، پشتیبانی برخط و اطلاع رسانی تغییرات نسخه ها استقرار یافت و همزمان فرایندهای آزمون و کنترل کیفیت نرم افزار بازطراحی شد. برای ارزیابی نتایج، پرسشنامه ای ۲۳ گویه ای مبتنی بر ابعاد کیفیت *ISO/IEC 9126* میان کاربران توزیع شد که ۳۷ پرسشنامه معتبر تحلیل گردید. داده ها با استفاده از آمار توصیفی، رگرسیون حداقل مربعات معمولی، آزمون همبستگی و شاخص عامل تورم واریانس بررسی شدند.

یافته ها: یافته ها نشان داد استقرار دستیار هوش مصنوعی به تسهیل آموزش، پاسخ گویی سریع تر به کاربران، کاهش بخشی از بار کاری تیم پشتیبانی و بهبود تعامل کاربران با نرم افزار کمک کرده است. بازطراحی فرایندهای آزمون و کنترل کیفیت نیز ساختار منسجم تری برای بررسی نسخه های جدید و شناسایی خطاها ایجاد کرد. در سطح متغیرها، دقت و امنیت نرم افزار اثر منفی و معناداری بر رضایت نشان دادند، در حالی که مناسب بودن نرم افزار و رفتار منابع سیستم دارای اثر مثبت نزدیک به معناداری بودند. بنابراین، نتایج بیش از آن که اثبات کننده یک اثر قطعی و فراگیر باشند، نشان دهنده ظرفیت عملی دستیار هوش مصنوعی و ضرورت توجه همزمان به سهولت استفاده، الزامات امنیتی و پیچیدگی عملکردهای نرم افزار هستند.

اصالت/ارزش افزوده علمی: ارزش افزوده این پژوهش در پیوند دادن سه حوزه است که معمولاً به صورت جداگانه بررسی می شوند: ارزیابی استاندارد کیفیت نرم افزار، تصمیم گیری گروهی برای اولویت بندی معیارهای کیفیت و استقرار عملی دستیار هوش مصنوعی در محیط واقعی یک نرم افزار برنامه ریزی منابع سازمانی. برخلاف مطالعاتی که صرفاً مزایای بالقوه هوش مصنوعی را به صورت مفهومی بررسی می کنند، این پژوهش مداخله ای اجرایی را در حوزه آموزش، پشتیبانی و اطلاع رسانی نرم افزار طراحی و ارزیابی می کند. همچنین یافته ها نشان می دهد که بهبود تجربه کاربران صرفاً به افزودن قابلیت های هوشمند وابسته نیست و باید همراه با بازطراحی فرایندهای آزمون، کنترل کیفیت و مدیریت موازنه میان دقت، امنیت و سهولت استفاده دنبال شود.

کلیدواژه ها: برنامه ریزی منابع سازمانی، دستیار هوش مصنوعی، کیفیت نرم افزار، اقدام پژوهی، مدل *ISO/IEC 9126*، تحلیل سلسله مراتبی گروهی، رضایت کاربران.

۱- مقدمه

تحولات در حوزه فناوری اطلاعات سبب شده است استفاده از سیستم های اطلاعاتی در سازمان ها گسترش یابد؛ به ویژه شرکت های بزرگ این سیستم ها را روز به روز بیشتر برای پردازش، ذخیره سازی و گزارش گیری اطلاعات به کار می گیرند [1]. این میزان وابستگی به سیستم های اطلاعاتی موجب شده تا کیفیت و قابلیت اطمینان این سیستم ها از جمله مهم ترین دغدغه های مدیران باشد [2]. بر این اساس فقدان کیفیت کافی از مهم ترین

عوامل شکست این سیستم‌ها به شمار می‌آید. بسیاری از سامانه‌های اطلاعاتی اجرا شده به‌عنوان پروژه‌های فناوری اطلاعات، به دلیل ناسازگاری با مقتضیات سازمان یا ضعف‌های کیفیتی، نتایج مورد انتظار را محقق نمی‌سازند [3]. به‌منظور یکپارچه‌سازی عملیات سازمان‌ها، سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی ایجاد شدند تا با فراهم‌سازی یک منبع داده یکتا، اطلاعات برنامه‌های مختلف را جمع‌آوری و به کاربران مختلف در سازمان‌ها ارایه کنند. با این حال، ضرورت‌های سفارشی‌سازی و انطباق‌فرایندی در استقرار برنامه‌ریزی منابع سازمانی ممکن است پیامدهای مهمی بر کیفیت نرم‌افزار داشته باشد [4]. این سفارشی‌سازی می‌تواند تأثیرات زیادی بر کیفیت نرم‌افزار داشته باشد که در موفقیت یا شکست پروژه‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی نقش بسزایی دارد [5]. کیفیت نرم‌افزار از عوامل تعیین‌کننده در موفقیت پروژه‌های فناوری اطلاعات به شمار می‌آید. سنجش موثر این کیفیت زمانی امکان‌پذیر است که مجموعه‌ای از شاخص‌های مشخص و قابل اندازه‌گیری تعریف شده باشد. در همین راستا، الگوهای مختلفی مانند *ISO 9126* برای ارزیابی کیفیت نرم‌افزار ارایه شده‌اند که بر جنبه‌های داخلی، خارجی و در استفاده سیستم‌ها تأکید دارند [5]. سامانه‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی زمانی بیشترین نقش را در بهبود فرایندهای کسب‌وکار ایفا می‌کنند که کیفیت آن‌ها به‌صورت دقیق ارزیابی و سنجیده شود؛ این ارزیابی نه تنها بر ویژگی‌های بیرونی سیستم اثر می‌گذارد، بلکه به‌طور مستقیم با درک و برداشت و رضایت کاربران ارتباط دارد [6]. همچنین در سال‌های اخیر، هوش مصنوعی به‌صورت فزاینده‌ای به ارتقای کارایی و کیفیت سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی کمک کرده است. ادغام هوش مصنوعی با این سامانه‌ها امکان خودکارسازی وظایف تکراری، بهینه‌سازی فرایندها و بهبود تصمیم‌گیری را فراهم می‌آورد. افزون بر این، با تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی نیازهای منابع و ریسک‌های بالقوه، به تصمیم‌های بهتر و تخصیص سنجیده‌تر منابع رایی می‌کند [7]. همچنین بهره‌گیری از هوش مصنوعی در سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی افزون بر مزایای عملیاتی، به تقویت امنیت، بهبود مدیریت ریسک و امکان‌پذیر ساختن تحلیل‌های پیش‌بینی‌کننده منجر می‌شود [8].

این پژوهش باهدف آشکارسازی نقش کیفیت نرم‌افزار و هوش مصنوعی در ارتقای عملکرد سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی، ابتدا چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌رو را بر پایه مدل‌های کیفیت *ISO 9126* بررسی می‌کند. سپس با طراحی، آموزش و یکپارچه‌سازی یک ربات هوش مصنوعی در بستر برنامه‌ریزی منابع سازمانی برای آموزش کاربران، پاسخ به پرسش‌های متداول، پشتیبانی، اطلاع‌رسانی به‌روزرسانی‌ها و یاری در تست نرم‌افزار اثر این مداخله بر بهبود کیفیت داخلی، خارجی ارزیابی می‌شود. همچنین با به‌کارگیری روش *AHP* گروهی و مشارکت خبرگان (تولیدکنندگان نرم‌افزار، کاربران و خریداران بالقوه)، معیارهای کیفیت بر اساس *ISO 9126* اولویت‌بندی شده و علاوه بر این، تأثیر پیاده‌سازی ربات هوش مصنوعی بر فرایندهای تست نرم‌افزار که در حال حاضر به‌صورت دستی انجام می‌شود، در تحقیقات آینده مدنظر قرار گرفته است. نوآوری این پژوهش در چند محور قابل مشاهده است. نخست، تمرکز مطالعه حاضر بر بهبود عملکرد نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی از طریق طراحی و استفاده از یک ربات هوش مصنوعی در بخش‌هایی مانند آموزش، پاسخ‌گویی، اطلاع‌رسانی نسخه‌ها و کمک به تست نرم‌افزار است که نسبت به رویکردهای کلی‌نگر پیشین، نگاهی کاربردی‌تر دارد. دوم، در این تحقیق برای ارزیابی کیفیت نرم‌افزار از چارچوب *ISO 9126* استفاده شده و معیارهای آن با بهره‌گیری از روش *AHP* گروهی اولویت‌بندی شده‌اند. سوم، انجام مطالعه به‌صورت موردی بر روی یک نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی ایرانی، امکان تحلیل دقیق‌تر و واقع‌گرایانه‌تر از وضعیت پیاده‌سازی راهکارهای پیشنهادی را فراهم کرده است. همچنین پژوهش حاضر از روش اقدام‌پژوهی بهره گرفته است. این روش به دلیل ماهیت تعاملی و مبتنی بر چرخه‌های بهبود، برای تحقیقاتی که درصدد شناسایی مشکلات، ارایه راهکارهای عملی و بهبود فرایندها در محیط واقعی هستند، بسیار مناسب است. همچنین، هدف اصلی این پژوهش ارایه یک نقشه راه جامع و چارچوب عملیاتی برای پژوهشگران و مدیرانی است که قصد دارند در حوزه ادغام فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی در سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی فعالیت کنند. در ادامه چند مورد از دستاوردهای اصلی این پژوهش نام برده می‌شود:

۱. بهبود کیفیت نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی: تغییرات اعمال شده در فرایندهای تست و ادغام ربات هوش مصنوعی به افزایش کارایی، قابلیت اطمینان و استفاده‌پذیری نرم‌افزار منجر شده است.
۲. اولویت‌بندی معیارهای کیفیت نرم‌افزار: با استفاده از مدل *ISO 9126* و روش تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی^۱، معیارهای کیفیت نرم‌افزار از دیدگاه تأمین‌کنندگان، کاربران و مشتریان بررسی و اولویت‌بندی شده‌اند. این اولویت‌بندی به شفافیت بیشتر در بهبود کیفیت کمک می‌کند.
۳. کاربرد هوش مصنوعی در بهبود پشتیبانی و آموزش: ربات هوش مصنوعی "موچ" برای مدیریت پرسش‌های متداول، اطلاع‌رسانی درباره تغییرات نسخه‌ها و کاهش بار کاری تیم پشتیبانی به‌کارگرفته شده که این اقدام باعث بهبود تجربه کاربران و افزایش بهره‌وری تیم پشتیبانی شده است.

^۱ Group Analytic Hierarchy Process (GAHP)

۴. تغییرات در فرایندهای تست نرم افزار: فرایندهای تست نرم افزار بازطراحی شدند و شامل مراحل تست توسط تیم توسعه دهنده، اعلام کنندگان نیازمندی و تیم کنترل کیفیت بود. این تغییرات باعث کاهش خطاها و افزایش اطمینان کاربران به نسخه های جدید نرم افزار شد.

۵. ترکیب رویکردهای مختلف برای ارایه یک راهکار عملیاتی: این پژوهش با ترکیب فناوری هوش مصنوعی، ارزیابی کیفیت نرم افزار و مدیریت فرایندها، راهکاری جامع و قابل اجرا ارایه کرده است که می تواند در شرایط مشابه برای سایر نرم افزارها نیز به کار رود.

علاوه بر موارد گفته شده، این مطالعه برخلاف بسیاری از مطالعاتی که صرفاً به ارزیابی کیفیت نرم افزار یا اثر فناوری های نوین می پردازند، با ترکیب رویکرد اقدام پژوهی و به کارگیری ابزارهای عملیاتی به نتایجی کاربردی و اجرا پذیر دست یافته است. همچنین به جای تمرکز صرف بر تحلیل نظری بر بهبود فرایندهای سازمانی و اجرای تغییرات در محیط عملیاتی نرم افزار تاکید شده است. بدین سان این پژوهش ضمن همسویی با مطالعات پیشین با ارایه رویکردی ترکیبی و عملیاتی در ادغام فناوری و بهبود فرایندها گامی فراتر نهاده است.

در ادامه این مقاله در بخش ۲ مرور ادبیات را ارایه می دهد، در بخش ۳ به مفاهیم اولیه و مورد نیاز تحقیق و در بخش ۴ به طرح مساله پرداخته می شود، بخش ۵ روش شناسی و مفروضات پژوهش بیان و در بخش ۶ اعتبار سنجی کلی نشان داده شده و نتایج و دستاوردهای پژوهش و فرصت های مطالعاتی برای تحقیقات آتی نیز در بخش ۷ ارایه شده است.

۲- مرور ادبیات

کایا و همکاران [9] تاثیر اتوماسیون فرایندهای رباتیک^۱ بر سیستم های حسابداری را مطرح می کنند و آن را در راستای ارتقای فرایند اجرای برنامه ریزی منابع سازمانی با بهره گیری از فناوری های صنعت نسل ۴.۰ تحلیل می نمایند. همچنین، قلمروهای استقرار و بهبود اتوماسیون فرایندهای رباتیک در برنامه ریزی منابع سازمانی و برنامه ریزی نیازمندی های مواد^۲، به ویژه در حوزه های گزارشگرهای مالی و حسابداری، تشریح شده است. در مطالعه ای دیگر گروالا و ترنای [10] نشان می دهند سیستم های برنامه ریزی منابع سازمانی فعلی برای صنعت نسل ۴.۰ کاملاً آماده نیستند و چالش های اصلی در ارتباط ماشین به ماشین، ارتباط ماشین با برنامه ریزی منابع سازمانی و امنیت داده نهفته است. همچنین پژوهش زکریا و همکاران [11] نشان می دهد ادغام تکنیک های یادگیری ماشین^۳ در سیستم های برنامه ریزی منابع سازمانی می تواند بر محدودیت های رویکردهای سنتی فایده آید و دقت و کارایی را به طور معناداری افزایش دهد. نویسندگان با تحلیل داده های واقعی برنامه ریزی منابع سازمانی و به کارگیری الگوریتم های یادگیری ماشین، مدلی برای پیش بینی حقوق کارکنان ارایه کرده اند که به تخصیص بهینه منابع، حفظ سرمایه انسانی و بهبود عملکرد سازمان یاری می رساند. نتایج، اثر مثبت یادگیری ماشین بر تصمیم گیری های مدیریتی و بهره وری کل سازمان را تایید کرده است. کومار [12] تکامل برنامه های سازمانی را در پرتو فناوری های نوظهور به ویژه هوش مصنوعی در بستر برنامه ریزی منابع سازمانی بررسی می کند و نشان می دهد ادغام هوش مصنوعی با ارتقای تحلیل داده، بهبود پیش بینی و تقویت تصمیم گیری، کارایی و بهره وری سازمان را افزایش می دهد. همچنین این مطالعه، کاربردهای شاخص هوش مصنوعی را در پشتیبانی مشتری، برنامه ریزی تولید و مدیریت زنجیره تامین برجسته کرده و بر پیامدهای مثبت آن بر عملکرد سازمانی تاکید دارد. مطالعه دوام و رسلان [13] به ارزیابی کیفیت پیاده سازی سیستم مدیریت سرمایه انسانی^۴ اوراکل در چارچوب سیستم برنامه ریزی منابع سازمانی با استفاده از استاندارد ISO 9126 پرداخته است. این مقاله ویژگی هایی مانند عملکرد، قابلیت اطمینان، کارایی، قابلیت استفاده، نگهداری و قابلیت انتقال را که توسط استاندارد ISO 9126 تعریف شده اند، مورد بررسی قرار می دهد. نویسندگان با استفاده از مرور ادبیات، مطالعات موردی و تحلیل داده ها، اثربخشی این چارچوب را در شناسایی نقاط قوت و ضعف پیاده سازی های موفق و ناموفق مدیریت سرمایه انسانی اوراکل ارزیابی کرده اند. یافته های این پژوهش نشان می دهد که استفاده از این استاندارد می تواند به بهبود کیفیت پیاده سازی و افزایش رضایت کاربران کمک کند. این مقاله به عنوان یک منبع ارزشمند برای بررسی کیفیت پیاده سازی سیستم های برنامه ریزی منابع سازمانی و ارایه راهکارهای بهبود فرایندها معرفی شده است.

باوجود مطالعات مختلف در زمینه سیستم های برنامه ریزی منابع سازمانی و استفاده از فناوری های نوین مانند هوش مصنوعی، همچنان برخی حوزه ها کمتر مورد توجه قرار گرفته اند. در بسیاری از پژوهش ها تمرکز اصلی بر ارزیابی کلی عملکرد برنامه ریزی منابع سازمانی یا مقایسه قبل و بعد از به کارگیری فناوری های جدید بوده است، در حالی که بررسی دقیق تر فرایندهایی مانند تست نرم افزار، آموزش کاربران و پشتیبانی عملیاتی، کمتر دیده می شود. همچنین، بخش قابل توجهی از تحقیقات گذشته بر سیستم های برنامه ریزی منابع سازمانی خارجی متمرکز بوده و تجربه های

¹ Robotic Process Automation (RPA)

² Material Requirements Planning (MRP)

³ Machine Learning (ML)

⁴ Human Capital Management (HCM)

بومی‌سازی و کاربردهای داخلی، به‌ویژه در زمینه بهبود کیفیت نرم‌افزار بر اساس شاخص‌های استاندارد، کمتر گزارش شده است. یکی از راهکارهای نوآورانه برای حل این چالش‌ها، بهره‌گیری از فناوری‌های هوش مصنوعی است. هوش مصنوعی قادر است فرایندهای مختلف در سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی را به‌صورت خودکار کنترل کند، کیفیت تصمیم‌گیری‌ها را بهبود بخشد و در حوزه‌هایی همچون پشتیبانی و تست نرم‌افزار، عملکرد بهتری ارائه دهد.

۳- مفاهیم اولیه

سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی: سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی بسته‌های نرم‌افزاری تجاری هستند که امکان یکپارچه‌سازی داده‌ها را در سراسر سازمان فراهم می‌کنند. علاوه بر این، سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی معمولاً به‌عنوان نرم‌افزار استاندارد در سطح سازمانی برای یکپارچه‌سازی و بهینه‌سازی تراکنش‌ها و فرایندهای تجاری اصلی در میان عملکردها استفاده می‌شوند. همچنین انجمن کنترل تولید و موجودی آمریکا، برنامه‌ریزی منابع سازمانی را این‌گونه تعریف می‌کند: روشی برای برنامه‌ریزی و کنترل موثر تمام منابع موردنیاز برای گرفتن، ساخت، ارسال و محاسبه سفارش‌های مشتری در یک شرکت تولیدی، توزیعی یا خدماتی [14-16].

انقلاب صنعتی چهارم: انقلاب صنعتی چهارم، موج نوین تحول صنعتی مبتنی بر دیجیتال‌سازی و هوشمندسازی فرایندهاست که نخستین بار در آلمان مطرح شد و با ادغام فناوری‌های نوظهور اینترنت اشیا، سامانه‌های سایبر-فیزیکی، کلان داده، هوش مصنوعی و اتوماسیون پیشرفته در صنایع تولیدی و خدماتی، هدف ایجاد کارخانه‌های هوشمند و زنجیره‌تأمین یکپارچه را دنبال می‌کند [17، 18].

مدل‌های کیفیت نرم‌افزار: الزامات کیفیت نرم‌افزار اغلب با عبارات مبهم و کلی توصیف می‌شود. در نتیجه، بررسی کیفیت محصولات نرم‌افزاری در برابر این الزامات برای مهندسان تست نرم‌افزار دشوار است. نیاز اولیه برای تیم تست نرم‌افزار این است که قبل از شروع مرحله آزمایش، یک خط پایه واضح از الزامات کیفی به دست آورند؛ بنابراین یک مدل کیفیت برای تعریف و اندازه‌گیری کیفیت محصول نرم‌افزار بسیار ضروری است. در سال‌های اخیر، سازمان بین‌المللی استاندارد^۱ و کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیکی^۲ مجموعه استانداردی از ویژگی‌های کیفیت را ارائه کرده‌اند که نشان‌دهنده یک گام بزرگ به‌سوی اجماع در صنعت نرم‌افزار است [3]. مدل‌های کیفیت نرم‌افزار از لحاظ ساختاری به دو گروه عمده سلسله‌مراتبی و غیر سلسله‌مراتبی تقسیم می‌شوند [18]. مدل‌های سلسله‌مراتبی دارای دو سطح هستند؛ ویژگی‌های کیفیت در سطح اول و خصوصیات فرعی یا معیارهای متناظر با ویژگی‌ها در سطح دوم قرار دارند. ارتباط بین اجزای سطوح یک مدل کیفیت می‌تواند یک به چند یا چند به چند باشد [18]. مدل ISO 9126 که در این پژوهش به کار گرفته شده است زیرمجموعه‌ای از این مدل‌ها می‌باشد. مدل‌های غیر سلسله‌مراتبی، ساختار یکسانی نداشته و به دودسته کلی مدل ستاره‌ای و بی‌بی‌ان تقسیم می‌شوند.

مدل‌های کیفیت نرم‌افزار ابزاری اساسی برای ارزیابی و بهبود کیفیت نرم‌افزار هستند. انتخاب مدل مناسب بستگی به نیازهای پروژه، ساختار سازمانی و ماهیت محصول نرم‌افزاری دارد. در این میان، مدل *ISO/IEC 9126* به دلیل جامعیت و معیارهای ارزیابی استاندارد، به‌عنوان یکی از مدل‌های محبوب در صنعت نرم‌افزار شناخته می‌شود. توجه به ویژگی‌های کیفی از مراحل اولیه توسعه تا ارزیابی محصول نهایی، عاملی کلیدی در تضمین موفقیت پروژه‌های نرم‌افزاری است.

مدل *ISO/IEC 9126*: این مدل نخستین بار در سال ۱۹۹۱ توسط موسسه بین‌المللی استانداردسازی منتشر شد و در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ توسط متخصصان سازمان جهانی استاندارد اصلاح و تکمیل گردید. این استاندارد کیفیت را این‌گونه تعریف می‌کند: مجموعه‌ای از ویژگی‌ها و مشخصات یک محصول یا خدمات که توانایی آن را در برآوردن نیازهای تعیین‌شده یا ضمنی کاربران نشان می‌دهد. در سطح اول، کیفیت محصول نرم‌افزاری به شش ویژگی (قابلیت عملکردی، قابلیت اطمینان، قابلیت استفاده، کارایی، قابلیت نگهداری و انتقال) تقسیم می‌شود که هرکدام در سطح دوم از چند معیار کیفی تشکیل شده‌اند؛ ارتباط میان سطح اول و دوم به‌صورت یک به چند و با حداقل هم‌پوشانی است و علاوه بر این دو سطح، شاخص‌هایی برای ارزیابی کیفیت نیز تعریف شده است. مهم‌ترین مزیت مدل، تفکیک روشن خصوصیات کیفی داخلی و خارجی نرم‌افزار است [18].

¹ International Organization for Standardization (ISO)

² International Electrotechnical Commission (IEC)

روش‌های تصمیم‌گیری: در محیط رقابتی امروزی، گرفتن سریع تصمیم درست یکی از اهداف ضروری برای شرکت‌ها است. شرکت‌ها باید با تغییرات فناوری و اطلاعات سازگار شوند و تصمیماتی متناسب با این تغییرات اتخاذ کنند. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۱ به عنوان ابزاری موثر در این فرایند شناخته می‌شوند و به سازمان‌ها کمک می‌کنند تصمیمات بهینه‌ای بر اساس معیارهای متضاد اتخاذ کنند [19].

روش AHP: روش AHP که توسط توماس ساعتی در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافت، یکی از روش‌های محبوب در تجزیه، تحلیل و تصمیم‌گیری است که مسایل پیچیده را به یک ساختار سلسله‌مراتبی شامل اهداف، معیارها و گزینه‌ها تقسیم می‌کند.

روش AHP گروهی: فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی نسخه گسترش یافته AHP است که برای تصمیم‌گیری گروهی طراحی شده و مکانیسم‌هایی برای ترکیب قضاوت‌های فردی و کاهش سوگیری‌ها ارائه می‌دهد. در ادامه جدولی جهت مقایسه تفاوت‌های کلیدی AHP و AHP گروهی ارائه شده است.

جدول ۱- مقایسه روش سلسله‌مراتبی AHP با روش سلسله‌مراتبی AHP گروهی.

Table 1- Comparison of AHP hierarchical method with group AHP hierarchical method.

ویژگی	روش AHP	روش GAHP
تجمیع احکام	تاکید بر قضاوت‌های فردی؛ احتمال تاثیر افراد مسلط	استفاده از تکنیک‌های تجمیع برای تضمین در نظر گرفتن تمام صداها
مدیریت پویایی گروه	فاقد مکانیزم‌های ساختاریافته برای حل تعارض	ارایه ابزارهایی برای تسهیل بحث و حل اختلافات
بررسی‌های سازگاری	بررسی سازگاری قضاوت‌های فردی	بررسی انسجام قضاوت‌های گروهی
انعطاف‌پذیری در ارزیابی معیارها	نیازمند معیارهای ثابت	امکان تنظیم معیارها در طول فرایند تصمیم‌گیری

اقدام پژوهی: روشی است که پژوهشگر را مستقیماً درگیر محیط و مساله پژوهش می‌کند. در این روش، چرخه‌هایی شامل برنامه‌ریزی، اقدام، مشاهده و تحلیل به کار گرفته می‌شود تا مشکلات موجود شناسایی، بهبودهای لازم اعمال و نتایج ارزیابی شوند. این فرایند تعاملی به پژوهشگر اجازه می‌دهد در هر مرحله از کار بازخوردهای حاصل را بررسی کرده و مسیر تحقیق را بهینه کند [20].

۴- طرح مساله

با وجود مزایای قابل توجه سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی، این سیستم‌ها همچنان با خلاها و ضعف‌هایی مواجه هستند. پژوهش حاضر باهدف ترکیب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی با انقلاب صنعتی نسل چهارم از طریق بهره‌گیری از یک ربات هوش مصنوعی، به حل بخشی از چالش‌های موجود و ارزیابی تاثیر آن بر رضایت کاربران می‌پردازد. این مطالعه به روش موردی، امکان‌سنجی بهبود فرایند پیاده‌سازی برنامه‌ریزی منابع سازمانی را از طریق توسعه و استقرار سامانه هوش مصنوعی در یکی از نرم‌افزارهای بومی ایران تحلیل می‌کند. کارکردهای سامانه پیشنهادی شامل آموزش کاربران، پشتیبانی برخط، اعلان‌های هوشمند به روزرسانی‌ها و آزمون‌های خودکار نرم‌افزار است. همچنین، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی و مدل ISO 9126T، معیارهای کیفیت نرم‌افزاری اولویت‌بندی و تاثیر سامانه هوش مصنوعی بر آن‌ها ارزیابی می‌شود.

۵- روش‌شناسی و مفروضات تحقیق

در این تحقیق، مفروضات زیر به عنوان پیش شرط‌هایی برای اجرای پژوهش و ارزیابی نتایج در نظر گرفته شده است:

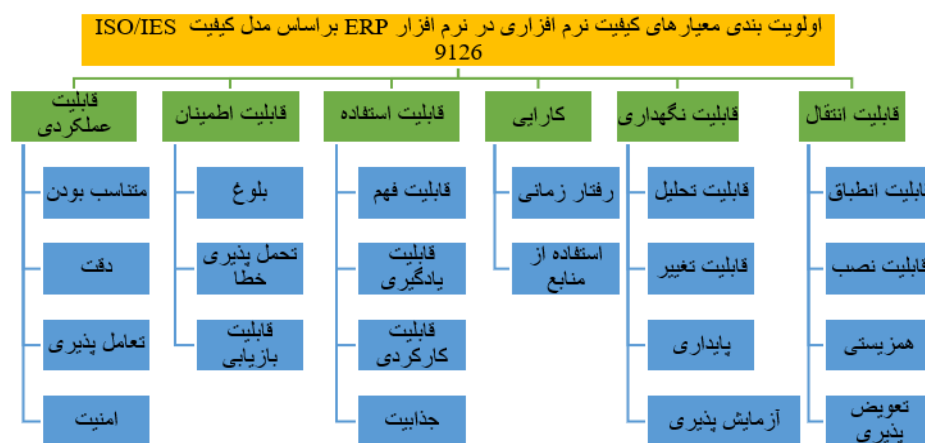
۱. بررسی شرایط نرم‌افزار پس از اعمال تغییرات: فرض می‌شود که شرایط نرم‌افزار پس از پیاده‌سازی سیستم هوش مصنوعی و اعمال تغییرات، به صورت دقیق قابل بررسی و ارزیابی خواهد بود.
۲. تمرکز پژوهش بر نسخه پایه نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی با ماژول‌های کلیدی: این تحقیق بر نسخه پایه نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی، شامل ماژول‌های کلیدی مانند اطلاعات پایه و عمومی، حسابداری و مالی، کالا و انبار و خرید و فروش انجام می‌شود. باتوجه به نقش این ماژول‌ها در حوزه‌های کلیدی عملیاتی سازمان، به عنوان نمایندگان عملکرد اصلی نرم‌افزار انتخاب شده‌اند.

¹ Multi Criteria Decision Making (MCDM)

۳. دسترسی عمومی به هوش مصنوعی برای کاربران: فرض می‌شود که سیستم هوش مصنوعی به‌طور یکپارچه در نرم‌افزار و پنل پشتیبانی پیاده‌سازی شده و برای تمامی مشتریان، صرف‌نظر از دسته‌بندی آن‌ها، قابل استفاده خواهد بود.
۴. انجام نظرسنجی با کاربران فعال و متنوع: نظرسنجی‌ها و اولویت‌بندی معیارهای پژوهش با کاربران فعال نرم‌افزار انجام می‌شود. این کاربران شامل مشتریان قدیمی، معمولی و جدید هستند که تعامل بیشتری با شرکت دارند و تنوع دیدگاه‌ها را تضمین می‌کنند.
۵. پیاده‌سازی نسخه آزمایشی هوش مصنوعی با امکان توسعه: نسخه اولیه سیستم هوش مصنوعی به‌صورت آزمایشی پیاده‌سازی شده است و در صورت موفقیت‌آمیز بودن نتایج و تایید مدیریت، این سیستم بهبودیافته و در ابعاد گسترده‌تر به کار گرفته خواهد شد.
۶. ایجاد زیرساخت‌های تست نرم‌افزاری: شرکت موردبررسی پیش‌ازاین فرایند تست نرم‌افزاری نداشته است. فرض می‌شود که ابتدا فرایندهای مربوطه اصلاح‌شده، تست‌های دستی توسط کاربر به فرایندها اضافه گردیده و زیرساخت لازم برای اجرای سیستم‌های تست خودکار نیز ایجاد می‌شود.
۷. کفایت داده‌های موجود برای پیاده‌سازی و ارزیابی: فرض می‌شود که داده‌های موجود برای آموزش سیستم هوش مصنوعی و ارزیابی نتایج، کافی، دقیق و متناسب با نیازهای پژوهش است.
۸. تعامل مثبت کاربران با سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی: این تحقیق بر این فرض استوار است که کاربران نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی، به‌ویژه در زمینه‌های آموزش و پشتیبانی، نسبت به تعامل با سیستم‌های هوش مصنوعی نگرش مثبتی خواهند داشت.
۹. امکان تعمیم نتایج تحقیق: فرض می‌شود که یافته‌های این پژوهش، علاوه بر شرکت موردبررسی، قابلیت تعمیم به سایر سازمان‌ها و نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی منابع سازمانی مشابه را نیز خواهد داشت.
۱۰. تاثیر محدودیت‌ها بر نتایج تحقیق: فرض بر این است که محدودیت‌های موجود، نظیر منابع و زمان، تاثیر قابل توجهی بر صحت و دقت نتایج نخواهند گذاشت و تحقیق می‌تواند اهداف اصلی خود را محقق کند.

برای جمع‌آوری داده‌ها، از دو پرسش‌نامه استفاده شده؛ پرسش‌نامه اول به‌منظور اولویت‌بندی معیارهای کیفیت *ISO 9126* با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی طراحی و استفاده شده است. پرسش‌نامه دوم برای بررسی نظرات کاربران پس از انجام تغییرات در نرم‌افزار به کارگرفته شده. در ادامه مراحل کلیدی اولویت‌بندی معیارهای کیفیت *ISO 9126* با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی بیان می‌شود:

ابتدا ساختار سلسله‌مراتبی با سه سطح شامل، سطح اول: اولویت‌بندی معیارهای کیفیت نرم‌افزاری در نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی بر اساس مدل کیفیت *ISO/IEC 9126*، سطح دوم: معیارهای اصلی *ISO 9126* مانند قابلیت اطمینان، کارایی و...، سطح سوم: زیرمعیارهای هر ویژگی کیفی تعریف و در شکل ۱ ساختار سلسله‌مراتبی مساله نمایش داده شده است.

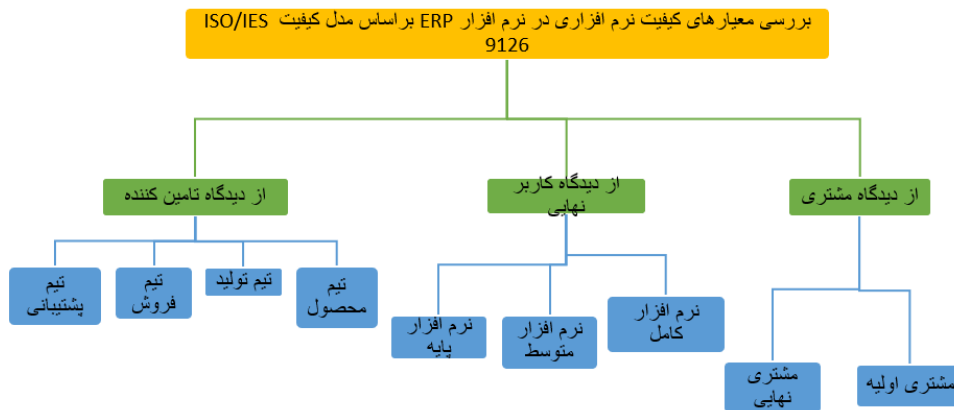


شکل ۱- ساختار سلسله‌مراتبی مساله.

Figure 1- Hierarchical structure of the problem.

سپس خبرگان موردنظر در سه گروه اصلی تامین‌کننده: تولیدکنندگان نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی (شامل تیم‌های تولید، فروش، پشتیبانی و محصول)، کاربران نهایی: کاربران فعلی نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی در شرکت مورد مطالعه (شامل مشتریان دارای نرم‌افزار پایه، مشتریان دارای نرم‌افزار متوسط و مشتریان دارای نرم‌افزار جامع) و مشتری: کاربران سایر نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی منابع سازمانی که تجربیات متفاوتی با سیستم‌های مشابه داشته‌اند. (شامل کاربرانی که با نرم‌افزارهای دیگر کار می‌کنند و کاربرانی که با نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی آشنایی داشته و می‌خواهند نرم‌افزار سام را خریداری کنند). تقسیم‌بندی شده‌اند.

برای دسته‌بندی کاربران، به جای تعداد ماژول‌ها قیمت نرم‌افزار در نظر گرفته شده تا تفکیک بر اساس ارزش ریالی یکسان‌سازی شود. در ابتدا قرار بود کاربران بر اساس تعداد ماژول‌ها تقسیم‌بندی شوند، اما این معیار پیچیدگی ماژول و ارزش ریالی را منعکس نمی‌کرد و قابل تفکیک نبود، معیار قیمت نرم‌افزار انتخاب شد برای اینکه ارزش ریالی همه کاربران چه قدیمی و چه جدید یکسان باشد و افزایش قیمت‌ها لحاظ شود، قیمت امسال نرم‌افزار برای همه مبنا قرار گرفته است. همچنین، ترکیب بررسی ماژول‌های کلیدی نرم‌افزار، تنوع گروه‌های پاسخ‌گو و دسته‌بندی دقیق کاربران بر اساس سطح استفاده امکان می‌دهد اثر راهکار پیشنهادی به صورت چندبعدی و با در نظر گرفتن دیدگاه‌های سازمانی، نرم‌افزاری و انسانی تحلیل شود. انتخاب نمونه‌ها به صورت هدفمند انجام شد تا تنوع دیدگاه‌ها و تعامل کافی با موضوع تحقیق تضمین گردد. در شکل ۲ دسته‌بندی انجام شده به صورت گرافیکی نمایش داده شده است:



شکل ۲- دسته‌بندی گرافیکی تصمیم‌گیرندگان.

Figure 2- Graphical classification of decision makers.

نسخه آزمایشی سیستم هوش مصنوعی در چند ماژول اصلی نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی شامل اطلاعات پایه و عمومی، حسابداری و مالی، کالا و انبار و خرید و فروش پیاده‌سازی شده است. عملکرد این سیستم در زمینه‌های آموزشی و پشتیبانی نرم‌افزار مورد ارزیابی قرار گرفته است. ربات هوش مصنوعی "موچت" برای مدیریت پرسش‌های متداول، اطلاع‌رسانی درباره تغییرات نسخه‌ها و کاهش بار کاری تیم پشتیبانی به کار گرفته شده است. این اقدام باعث بهبود تجربه کاربران و افزایش بهره‌وری تیم پشتیبانی شده است. در جدول ۲ به مقایسه گزینه‌های موجود برای ربات هوش مصنوعی پرداخته شده است:

جدول ۲- مقایسه گزینه‌های موجود برای ربات هوش مصنوعی.

Table 2- Comparing the available options for artificial intelligence robots.

گزینه	مزایا	معایب
استفاده از یک چت‌بات عمومی مانند ChatGPT	توانایی بالاتر در پاسخگویی به سوالات پیچیده، مدل‌های پیشرفته‌تر پردازش زبان طبیعی.	هزینه بالاتر در مقایسه با موچت، عدم تطبیق کامل با نیازهای خاص نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی، نیاز به تنظیمات پیچیده‌تر برای سفارشی‌سازی، مشکلات مربوط به آموزش و تنظیمات اولیه.
طراحی یک ربات اختصاصی از ابتدا	قابلیت سفارشی‌سازی بالا برای پاسخگویی به تمام نیازهای برنامه‌ریزی منابع سازمانی، امکان یکپارچه‌سازی کامل با نرم‌افزار.	هزینه و زمان بسیار زیاد برای طراحی، توسعه و آموزش، نیاز به تیم فنی متخصص، ریسک بالای شکست پروژه به دلیل پیچیدگی‌های توسعه.
استفاده از ربات آماده مانند موچت	کاهش هزینه‌ها و زمان پیاده‌سازی، قابلیت سفارشی‌سازی برای نیازهای خاص برنامه‌ریزی منابع سازمانی، یکپارچگی با سیستم‌های مختلف.	احتمال پوشش ندادن تمام نیازهای نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی به طور کامل، نیاز به آموزش اولیه و تنظیمات.

همچنین فرایندهای تست نرم‌افزار بازطراحی شدند و در طراحی جدید شامل مراحل تست توسط تیم توسعه‌دهنده، اعلام‌کنندگان نیازمندی و تیم کنترل کیفیت بود. این تغییرات باعث کاهش خطاها و افزایش اطمینان کاربران به نسخه‌های جدید نرم‌افزار شد.

برای ارزیابی اثر اقدامات انجام‌شده در چارچوب اقدام‌پژوهی، از یک پرسش‌نامه مبتنی بر مدل کیفیت نرم‌افزار *ISO 9126* استفاده شد. این مدل دارای شش معیار اصلی کیفیت شامل: عملکرد، قابلیت اطمینان، قابلیت استفاده، کارایی، قابلیت نگهداری و قابلیت انتقال است. برای هر معیار، چندین شاخص کیفی در نظر گرفته شد که مجموعاً در قالب ۲۳ گویه طراحی شدند. پرسش‌نامه از یک مقاله علمی معتبر اقتباس شد و با اهداف این مطالعه تطبیق داده شده است. پاسخ‌ها بر مبنای طیف لیکرت پنج‌درجه‌ای (از "خیلی کم" تا "خیلی زیاد") تنظیم گردیده. جامعه آماری شامل ۵۰ شرکت کاربر نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی بود. از این میان، با استفاده از فرمول کوکران و روش نمونه‌گیری در دسترس، ۴۵ پرسشنامه توزیع شد که ۳۷ پرسشنامه بازگشت داده شده است. نرخ بازگشت ۸۲٪ بود. ویژگی‌های دموگرافیک نمونه شامل جنسیت، سابقه خدمت، پست سازمانی، تحصیلات و سن بود که در جدول ۳ آمده است:

جدول ۳- ویژگی‌های دموگرافیک نمونه مورد مطالعه.

Table 3- Demographic characteristics of the study sample.

ویژگی		فراوانی گروه‌ها	
جنسیت	زن	مرد	
	15	22	
سابقه خدمت (سال)	کمتر از ۱۰	بین ۱۱ تا ۲۰	بیشتر از ۲۰
	7	22	8
پست سازمانی	مدیر	کارشناس	کارمند
	15	12	2
تحصیلات	دیپلم	فوق دیپلم	لیسانس
	0	3	15
سن (سال)	25-30	31-35	36-40
	5	6	6
	46-50	41-45	36-40
	6	12	6
	بیش از ۵۱		
	2		

داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار *Python* تحلیل شدند. برای بررسی اعتبار یافته‌ها، از تحلیل توصیفی (میانگین، انحراف معیار)، آزمون‌های رگرسیون خطی، ضریب همبستگی و شاخص عامل تورم واریانس^۱ جهت سنجش چندخطی بودن استفاده شد. همچنین نتایج مدل با فرضیه‌ای مبنی بر میانگین پیش‌فرض ۲/۵ (پیش از اجرای ربات) مقایسه شد تا میزان بهبود نسبی بررسی گردد.

۶- اعتبارسنجی مدل

در ادامه جهت اعتبارسنجی مدل و اطمینان از موثر بودن راه‌حل و اطمینان از رضایت کاربران تحلیل پیشرفته رگرسیون با استفاده از مدل حداقل مربعات معمولی^۲ در نرم‌افزار *Statsmodels* انجام‌شده، این مدل اطلاعات دقیقی درباره ضرایب، خطاهای استاندارد، سطح معناداری و شاخص‌های کلی ارائه می‌دهد که نتایج کلی مدل به شرح جدول‌های ۴ تا ۶ می‌باشد:

جدول ۴- خلاصه تحلیل رگرسیون خطی.

Table 4- Summary of Linear Regression Analysis.

OLS Regression Results			
Dep. variable	Satisfaction	R-squared	0.682
Model	OLS	Adj. R-squared	0.183
Method	Least squares	F-statistic	1.367
Date	Fri, 10 Jan 2025	Prob (F-statistic)	0.276
Time	23:33:58	Log-likelihood	-33.047
No. observations	37	AIC	112.1
Df residuals	14	BIC	149.1
Df residuals			22
Covariance type	Nonrobust		

^۱ Variance Inflation Factor (VIF)^۲ Ordinary Least Squares (OLS)

جدول ۵- ضرایب و تحلیل آماری برخی از متغیرهای مدل رگرسیون خطی.

Table 5- Coefficients and statistical analysis of some variables of the linear regression model.

coef.	std.	Err.	t	P> t	[0.025	0.975]
const	1.6828	1.894	0.888	0.389	-2.38	5.745
Suitability	0.6173	0.299	2.063	0.058	-0.024	1.259
Accurateness	-0.7608	0.274	-2.778	0.015	-1.348	-0.173
Interoperability	-0.0558	0.192	-0.291	0.775	-0.467	0.355
Security	-0.5321	0.232	-2.291	0.038	-1.03	-0.034
Maturity	-0.1115	0.297	-0.375	0.713	-0.749	0.526
Fault_tolerance	-0.0124	0.314	-0.039	0.969	-0.686	0.661
Learnability	0.1777	0.243	0.731	0.477	-0.343	0.699
Operability	0.0895	0.251	0.357	0.726	-0.448	0.627
Resource_behavior	0.6791	0.363	1.869	0.083	-0.1	1.458
Conformance	-0.4248	0.364	-1.167	0.263	-1.206	0.356

جدول ۶- شاخص‌های ارزیابی مدل رگرسیون.

Table 6- Regression model evaluation indicators.

Omnibus	2.975	Durbin-Watson	2.53
Prob (Omnibus)	0.226	Jarque-Bera (JB)	1.745
Skew	-0.268	Prob (JB)	0.418
Kurtosis	2.081	Cond. No.	200

مدل رگرسیون خطی حداقل مربعات معمولی به منظور بررسی تاثیر عوامل مختلف بر رضایت کاربران اجرا شده است. در ادامه، تحلیل کاملی از خروجی ارایه می‌شود:

۱. شاخص‌های کلی مدل.
۲. ضریب تعیین: مقدار 0.682 نشان می‌دهد که مدل توانسته است 68.2% از تغییرات متغیر وابسته (رضایت کاربران) را بر اساس متغیرهای مستقل توضیح دهد. این مقدار نشان‌دهنده قدرت توضیح‌دهندگی مدل است.
۳. ضریب تعیین تعدیل‌شده: مقدار 0.183 نشان می‌دهد که پس از در نظر گرفتن تعداد متغیرهای مستقل، قدرت توضیح‌دهندگی مدل به طور قابل توجهی کاهش یافته است. این تفاوت نشان‌دهنده وجود احتمال *overfitting* در مدل است.
۴. آزمون کلی مدل: مقدار $1/3671$ و مقدار احتمال مرتبط با آن ($p=0.276$) نشان می‌دهد که مدل در سطح اطمینان 95% از نظر آماری معنادار نیست. به عبارتی، همه متغیرهای مستقل به طور جمعی تاثیر معناداری بر متغیر وابسته ندارند.
۵. ضرایب متغیرها: ضرایب نشان‌دهنده تاثیر هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته هستند. تحلیل ضرایب کلیدی به شرح زیر است:

۶-۱- متغیرهای معنادار ($P < 0.05$)

دقت نرم‌افزار^۱: مقدار ضریب -0.7608 و $P = 0.015$ نشان می‌دهد که دقت نرم‌افزار تاثیر منفی و معناداری بر رضایت کاربران دارد. این نتیجه ممکن است غیرمنتظره باشد و نیازمند تحلیل بیشتر است (احتمالا به دلیل پیچیدگی بیشتر در کار با نرم‌افزارهای بسیار دقیق).

امنیت^۲: مقدار ضریب -0.5321 و $P = 0.038$ نشان می‌دهد که امنیت تاثیر منفی و معناداری بر رضایت کاربران دارد. این نتیجه ممکن است نشان‌دهنده این باشد که افزایش تمرکز بر امنیت باعث کاهش راحتی کاربری شده است.

متغیرهای با تاثیر نزدیک به معنادار ($0.05 < P < 0.1$):

مناسب بودن^۳: مقدار ضریب 0.6173 و $P = 0.058$ نشان‌دهنده تاثیر مثبت این متغیر بر رضایت کاربران است، اما در سطح 95% معنادار نیست.

¹ Accurateness

² Security

³ Suitability

رفتار منابع سیستم^۱: مقدار ضریب 0.6791 و $P = 0.083$ نشان می‌دهد که رفتار منابع نرم‌افزار تاثیر مثبت و نزدیک به معناداری بر رضایت کاربران دارد.

متغیرهای غیر معنادار ($P > 0.1$): متغیرهایی مانند قابلیت تعامل‌پذیری^۲، بلوغ نرم‌افزار^۳، تحمل خطا^۴، قابلیت یادگیری^۵، قابلیت بهره‌برداری^۶ و بسیاری دیگر تاثیر معناداری بر رضایت کاربران ندارند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده عدم نقش مهم این متغیرها در مدل یا عدم‌کفایت داده‌ها برای کشف اثرات باشد.

۶-۲- تحلیل جزئیات مدل

۱. مقدار ثابت^۷: مقدار $1/6828$ نشان می‌دهد که در صورت صفر بودن تمام متغیرهای مستقل، مقدار رضایت کاربران برابر با این مقدار است.
 ۲. آزمون دوربین-واتسون^۸: مقدار $2/53$ نشان می‌دهد که احتمالاً مشکل خودهمبستگی در خطاهای مدل وجود ندارد.
 ۳. آزمون اومنی‌باس^۹ و آزمون ژاک-برا^{۱۰}: این شاخص‌ها نشان می‌دهند که خطاهای مدل به‌صورت نرمال توزیع شده‌اند (باتوجه به سطح معناداری بالا).
- این شاخص‌ها نشان می‌دهند که مدل دارای برازش خوبی است و متغیرهای مستقل می‌توانند تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند.

۷- نتیجه و جمع‌بندی

این پژوهش باهدف بهبود کیفیت داخلی و خارجی نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی و افزایش بهره‌وری در فرایندهای تولید، پشتیبانی و تست نرم‌افزار انجام و با استفاده از فناوری هوش مصنوعی به‌ویژه ربات موجت و ترکیب آن با رویکردهای عملیاتی مانند اولویت‌بندی معیارهای کیفیت بر اساس مدل *ISO 9126* و روش تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی، چارچوبی عملی برای ارتقای عملکرد نرم‌افزار و رضایت کاربران ایجاد شده است. باوجود محدودیت‌هایی مانند:

۱. فرایند تست نرم‌افزار: فرایند تست همچنان به‌صورت دستی و توسط کاربر انجام می‌شود و به‌طور کامل خودکار نشده است.
۲. به‌روزرسانی سیستم هوش مصنوعی: به‌روزرسانی و بهبود سیستم به‌صورت دستی انجام می‌شود و نیازمند توسعه بیشتر است.
۳. استفاده از سیستم آماده: از یک سیستم هوش مصنوعی آماده استفاده شده و این سیستم مطابق با داده‌های شرکت آموزش داده شده است.
۴. عدم وجود داده‌های مقایسه‌ای: به دلیل نبود داده‌های مستند از قبل، امکان مقایسه مستقیم قبل و بعد از پیاده‌سازی وجود نداشت.
۵. محدودیت در جامعه آماری: داده‌ها تنها از کاربران فعال شرکت جمع‌آوری شده و ممکن است تمامی دیدگاه‌ها را منعکس نکند.
۶. منابع مالی و زمانی: محدودیت‌های زمانی و منابع مالی باعث شد برخی مراحل، نظیر گسترش سیستم هوش مصنوعی، محدودتر انجام شود.

این پژوهش دارای چند نتیجه کلیدی مهم است که در ادامه بیان می‌شود:

۱. بهبود رضایت کاربران: نتایج تحلیل نشان می‌دهد که معیارهایی مانند رفتار منابع سیستم و انطباق^{۱۱} رضایت کاربران را بهبود بخشیده‌اند.
۲. ارتقای کیفیت داخلی نرم‌افزار: ایجاد مراحل جدید تست و کنترل کیفیت، دقت و صحت نسخه‌های به‌روزرسانی را افزایش داده است.
۳. شناسایی معیارهای موثر: معیارهایی مانند امنیت و دقت نرم‌افزار نیازمند بهبود هستند تا تاثیر منفی احتمالی آن‌ها کاهش یابد.
۴. ارایه چارچوبی برای استفاده از فناوری‌های نوین: پژوهش حاضر چارچوبی عملی برای بهره‌گیری از فناوری‌های هوش مصنوعی در بهبود سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی ارایه می‌دهد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که ربات موجت تاثیر قابل توجهی در کاهش بار کاری تیم پشتیبانی، ارایه پاسخ‌های سریع و دقیق به کاربران و بهبود تعامل کاربران با نرم‌افزار داشته است. این موضوع، علاوه بر افزایش کیفیت خارجی نرم‌افزار، منجر به ارتقای تجربه کاربری نیز شده است. از سوی

¹ Resource_behavior

² Interoperability

³ Maturity

⁴ Fault_tolerance

⁵ Learnability

⁶ Operability

⁷ Constant

⁸ Durbin-Watson

⁹ Omnibus

¹⁰ Jarque-Bera

¹¹ Conformance

دیگر، بهبود فرایندهای تست نرم‌افزاری و ایجاد ساختاری منسجم برای بررسی و تایید نسخه‌های به‌روزرسانی، کیفیت داخلی نرم‌افزار را تقویت کرده و امکان شناسایی و رفع سریع‌تر مشکلات را فراهم آورده است. همچنین در این مطالعه خودکارسازی فرایند تست نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی به‌عنوان یک راهکار پیشنهادی مطرح شد که می‌تواند گامی مهم در افزایش بهره‌وری تیم‌های توسعه و کنترل کیفیت باشد. اجرای این قابلیت، ضمن کاهش خطاهای انسانی و زمان تست، تجربه کاربری و رضایت مشتریان را نیز بهبود می‌بخشد. یافته‌های این پژوهش چارچوبی برای توسعه دانش در حوزه‌های مرتبط ارائه کرده و می‌تواند به تولیدکنندگان نرم‌افزار و سازمان‌ها در بهبود عملکرد و رضایت کاربران کمک کند. پژوهشگران می‌توانند با دنبال کردن مواردی مانند ارزیابی تاثیر هوش مصنوعی بر سایر بخش‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی، بررسی جامع‌تر معیارهای کیفیت به‌صورت تخصصی در صنایع مختلف و بررسی تفاوت‌های فرهنگی در ارزیابی کیفیت برنامه‌ریزی منابع سازمانی، توسعه ابزارهای پیشرفته تست خودکار و توسعه شاخص‌های ارزیابی برای رضایت کاربران مسیر این مطالعه را گسترش بدهند.

منابع

- [1] Cascarino, R. E. (2007). *Auditor's guide to information systems auditing*. John Wiley & Sons. <https://www.oreilly.com/library/view/auditors-guide-to/9780470009895>
- [2] Anderson, E. E., & Choobineh, J. (2008). Enterprise information security strategies. *Computers & Security*, 27(1–2), 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2008.03.002>
- [3] Sudhaman, P. (2011). Evaluating software quality using software metrics for a software product. *International Journal of Information Systems and Change Management*, 5(2), 180–190. <https://doi.org/10.1504/IJISCM.2011.041514>
- [4] Ansarinejad, A., Amalnick, M. S., Ghadamyari, M., Ansarinejad, S., & Hatami Shirkouhi, L. (2011). Evaluating the critical success factors in ERP implementation using fuzzy AHP approach. *International Journal of Academic Research*, 3(1).
- [5] Parthasarathy, S., & Sharma, S. (2017). Impact of customization over software quality in ERP projects: An empirical study. *Software Quality Journal*, 25(2), 581–598. <https://doi.org/10.1007/s11219-016-9314-x>
- [6] Aydin, A. O. (2012). A new way to determine external quality of erp software. *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 186–201). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31128-4_14
- [7] Aktürk, C. (2021). Artificial intelligence in enterprise resource planning systems: A bibliometric study. *Journal of International Logistics and Trade*, 19(2), 69–82. <https://doi.org/10.24006/jilt.2021.19.2.069>
- [8] Parthasarathy, S., Sridharan, C., Chandrakumar, T., & Sridevi, S. (2020). Quality assessment of standard and customized COTS products. *International Journal of Information Technology Project Management (IJITPM)*, 11(3), 1–13. <https://doi.org/10.4018/IJITPM.2020070101>
- [9] Kaya, C. T., Türkyılmaz, M., & Birol, B. (2019). Impact of RPA technologies on accounting systems. *Journal of Accounting and Finance*, (82). <https://doi.org/10.25095/mufad.536083>
- [10] Gervalla, M., & Ternai, K. (2019). The impact of industry 4.0 to the ERP approach. *SEFBIS journal*, (13). <https://www.researchgate.net/publication/336409047>
- [11] Zakaria, A. Y., Abdelbadea, E., Raslan, A., Ali, T., Gheith, M., Khater, A. S., & Amin, E. A. (2024). An improved enterprise resource planning system using machine learning techniques. *Journal of Software Engineering and Applications*, 17(5), 203–213. <https://doi.org/10.4236/jsea.2024.175011>
- [12] Kumar, G. (2023). Critical success factors of adopting an enterprise system for pharmaceutical drug traceability. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(1), 3–10. <https://doi.org/10.31586/ujpp.2023.738>
- [13] Parthasarathy, S., Sridharan, C., Chandrakumar, T., & Sridevi, S. (2020). Quality assessment of standard and customized COTS products. *International Journal of Information Technology Project Management (IJITPM)*, 11(3), 1-13. <https://doi.org/10.4018/IJITPM.2020070101>
- [14] Davenport, T. H., & Brooks, J. D. (2004). Enterprise systems and the supply chain. *Journal of Enterprise Information Management*, 17(1), 8–19. <https://doi.org/10.1108/09576050410510917>
- [15] Glowalla, P., & Sunyaev, A. (2014). ERP system fit—an explorative task and data quality perspective. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(5), 668–686. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2013-0062>
- [16] Haug, A., Stentoft Arlbjørn, J., & Pedersen, A. (2009). A classification model of ERP system data quality. *Industrial Management & Data Systems*, 109(8), 1053–1068. <https://doi.org/10.1108/02635570910991292>
- [17] Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- [18] Kagermann, H., Hellbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion. <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=2966479>
- [19] Haghighi Nasab, M., & Masomi, M. (2012). Assessing the quality of information systems based on the ISO/IEC 9126 model in Iranian organizations. *Journal of Experimental Accounting Research*, 2(6), 131-147. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/475386/fa>
- [20] Ersöz, F., & Kabak, M. (2010). Literature review of multi-criteria decision-making methods in defense industry applications. *Defense Sciences Journal*, 9(1), 97–125. (In Turkish). <https://doi.org/10.17134/sbd.85950>
- [21] Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, 2(4), 34–46. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x>