Vol. 8, No. 4, 2026, PP: 21-30 ISSN: 3092-7609

Journal of Engineering Management and Digital Transformation

Homepage: https://Jonarbset.ir

Original Research Article

Enhancing Quality and Risk Management in Engineering Projects Using Natural Language Processing Techniques on Reports

Mansoureh Karimi Nejad * [1], **Batool Shahrzadi** [2]

1- Department of Management, Lorestan University, Khorramabad, Iran. (Corresponding Author)
2- Department of Management, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

ARTICLE INFO

Article History
Date Received: 24 July 2025
Date Revised: 2 October 2025
Date Accepted: 5 December 2025
Date published: 20 January 2026

Keywords
Natural Language Processing,
Quality Management,
Risk Management,
Engineering Projects,
Text Mining.

ABSTRACT

Quality and risk management in modern engineering projects face significant challenges due to technical complexities and the vast volume of unstructured data. The primary objective of this research is to present an intelligent framework for improving monitoring processes and risk prediction by leveraging Natural Language Processing (NLP) techniques on daily reports, meeting minutes, and technical documents. This research employs a developmental-analytical methodology, utilizing deep learning algorithms and pre-trained language models to extract and classify textual data from large-scale projects. The findings indicate that employing techniques such as Sentiment Analysis to identify hidden dissatisfaction in reports and Named Entity Recognition (NER) to pinpoint critical factors increases the accuracy of qualitative risk identification by up to 35% compared to traditional methods. Key results suggest that automating text analysis not only reduces human errors in recording and reporting but also enables preventive actions by identifying recurring patterns in quality failures. Ultimately, this research concludes that integrating Artificial Intelligence (AI) into the core of project management leads to greater transparency in the quality supply chain and a reduction in rework costs for engineering projects.

Corresponding Author Email:
Man_ka.nejad45768@gmail.com

How to cite this article:
Karimi.Nejad, M., & Shahrzadi, B. (2026). Enhancing Quality and Risk Management in Engineering Projects Using Natural Language Processing Techniques on Reports. *Journal of Engineering Management and Digital Transformation*, 8(4), 21-30

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s)and the source.

Publisher: Chatre Andisheh International Publishing Institute

دوره ۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحه: ۲۱ تا ۳۰ شاپا: ۷۶۰۹-۳۰۹۲

مدیریت مهندسی و تحول دیجیتال

Homepage: https://Jonarbset.ir

مقاله پژوهشی

بهبود مدیریت کیفیت و ریسک در پروژه‌های مهندسی با استفاده از تکنیک‌های پردازش زبان طبیعی بر روی گزارش‌ها

منصوره کریمی نژاد* [۱]، **بتول شهرزادی** [۲]

۱- گروه مدیریت، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران (نویسنده مسئول)

۲- گروه مدیریت، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

اطلاعات مقاله

سابقه مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰

چکیده

مدیریت کیفیت و ریسک در پروژه‌های مهندسی مدرن به دلیل پیچیدگی‌های فنی و حجم عظیم داده‌های غیرساختاریافته، با چالش‌های جدی مواجه است. هدف اصلی این پژوهش، ارائه چارچوبی هوشمند برای ارتقای فرآیندهای نظارتی و پیش‌بینی ریسک با بهره‌گیری از تکنیک‌های پردازش زبان طبیعی (NLP) بر روی گزارش‌های روزانه، صورت‌جلسات و اسناد فنی است. روش‌شناسی این تحقیق از نوع توسعه‌ای-تحلیلی است که در آن با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق و مدل‌های زبانی پیش‌آموزش‌دیده، داده‌های متنی پروژه‌های بزرگ مقیاس استخراج و طبقه‌بندی شده‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک‌هایی نظیر تحلیل احساسات برای شناسایی نارضایتی‌های پنهان در گزارش‌ها و استخراج موجودیت‌های نام‌دار (NER) برای شناسایی فاکتورهای بحرانی، دقت شناسایی ریسک‌های کیفی را تا ۳۵ درصد نسبت به روش‌های سنتی افزایش می‌دهد. نتایج کلیدی حاکی از آن است که خودکارسازی تحلیل متن نه تنها خطاهای انسانی در ثبت و گزارش‌دهی را کاهش می‌دهد، بلکه با شناسایی الگوهای تکرارشونده در شکست‌های کیفی، امکان اقدامات پیشگیرانه را فراهم می‌سازد. در نهایت، این پژوهش نتیجه می‌گیرد که تلفیق هوش مصنوعی در بدنه مدیریت پروژه، منجر به شفافیت بیشتر در زنجیره تأمین کیفیت و کاهش هزینه‌های ناشی از دوباره‌کاری در پروژه‌های مهندسی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی

پردازش زبان طبیعی،
مدیریت کیفیت،
مدیریت ریسک،
پروژه‌های مهندسی،
داده‌کاوی متن.

ایمیل نویسنده مسئول

Man_ka.nejad45768@gmail.com

استناد به این مقاله: کریمی نژاد، منصوره و شهرزادی، بتول. (۱۴۰۴). بهبود مدیریت کیفیت و ریسک در پروژه‌های مهندسی با استفاده از تکنیک‌های پردازش زبان طبیعی بر روی گزارش‌ها. *مدیریت مهندسی و تحول دیجیتال*، ۸ (۴)، ۲۱-۳۰.

ناشر: موسسه انتشارات بین المللی چتر اندیشه

Creative Commons: CC BY 4.0

مقدمه

مدیریت پروژه‌های مهندسی در عصر حاضر با پیچیدگی‌های فزاینده‌ای روبرو است که ریشه در ابعاد فنی، ملاحظات زیست‌محیطی و محدودیت‌های منابع مالی دارد. در این میان، دو رکن «مدیریت کیفیت» و «مدیریت ریسک» به عنوان ستون‌های اصلی موفقیت هر پروژه شناخته می‌شوند که هرگونه خلل در آن‌ها می‌تواند منجر به شکست‌های فاجعه‌بار یا هزینه‌های گزاف غیرقابل بازگشت شود (نوروزی و همکاران، ۱۴۰۲). با وجود پیشرفت‌های شگرف در ابزارهای نرم‌افزاری مدیریت پروژه، بخش بزرگی از دانش تولید شده در حین اجرای پروژه‌ها در قالب گزارش‌های متنی، صورت‌جلسات، مکاتبات ایمیلی و مستندات فنی مدفون می‌ماند که به دلیل ماهیت غیرساختاریافته، امکان تحلیل دستی و سریع آن‌ها برای مدیران فراهم نیست (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۳). بیان مسئله اصلی در اینجا نهفته است که فرآیندهای سنتی کنترل کیفیت و شناسایی ریسک، عمدتاً متکی بر داده‌های کمی و چک‌لیست‌های دستی هستند و پتانسیل عظیم نهفته در داده‌های متنی[1] که حاوی نشانه‌های زودهنگام بحران یا نارسایی‌های کیفی است، نادیده گرفته می‌شود. اهمیت این پژوهش از آن جهت است که تأخیر در شناسایی یک ریسک که در لابلای گزارش‌های روزانه یک سرپرست کارگاه ذکر شده، می‌تواند به توقف کل پروژه منجر شود؛ در حالی که پردازش زبان طبیعی (NLP) به عنوان شاخه‌ای پیشرو از هوش مصنوعی، توانایی استخراج الگو از این متون را داراست (لی و وانگ، ۲۰۲۴). شکاف دانشی موجود نشان می‌دهد که اگرچه در حوزه‌های پزشکی و مالی از پردازش متن به وفور استفاده شده، اما در صنعت مهندسی و ساخت، استفاده از مدل‌های زبانی برای بهبود شاخص‌های کیفی هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد و یک چارچوب منسجم که بتواند گزارش‌های فنی را به شاخص‌های ریسک تبدیل کند، کمتر مشاهده می‌شود (رضایی و احمدی، ۱۴۰۱). هدف این تحقیق، تبیین راهکارهایی است که از طریق آن بتوان تکنیک‌های پیشرفته‌ای همچون مدل‌های ترنسفورمر[2] و تحلیل معنایی را بر روی مخازن متنی پروژه‌ها پیاده‌سازی کرد تا به یک سیستم هشدار زودهنگام در مدیریت کیفیت دست یافت (چن و همکاران، ۲۰۲۵). ضرورت این انتقال پارادایم زمانی آشکارتر می‌شود که حجم داده‌های تولید شده در یک پروژه بزرگ مهندسی، از توان تحلیل انسانی خارج شده و نیاز به سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیر (DSS) مبتنی بر متن بیش از پیش احساس می‌گردد (اسمیت، ۲۰۲۲). در واقع، مدیریت کیفیت سنتی که بر پایه بازرسی‌های پسینی استوار است، باید جای خود را به نظارت هوشمند و پیش‌بینی‌محور بدهد که در آن متون گزارش‌ها به عنوان «حسگرهای پروژه» عمل می‌کنند (صادقی، ۱۴۰۳). از سوی دیگر، مدیریت ریسک با استفاده از پردازش زبان طبیعی می‌تواند از حالت ذهنی[3] خارج شده و بر اساس تجربیات مستند شده در پروژه‌های مشابه قبلی، به حالتی عینی و مبتنی بر شواهد تغییر یابد (ویلیامز و تامپسون، ۲۰۲۶). این رویکرد نه تنها منجر به کاهش دوباره‌کاری‌ها می‌شود، بلکه فرهنگ گزارش‌دهی در سازمان‌های مهندسی را نیز ارتقا می‌بخشد، چرا که کارکنان درمی‌یابند گزارش‌های آن‌ها به طور موثر در فرآیندهای تصمیم‌گیری کلان مورد استفاده قرار می‌گیرد (محمدی، ۱۴۰۰). با توجه به اینکه اکثر شکست‌های پروژه‌های مهندسی ناشی از عدم انتقال صحیح اطلاعات یا نادیده گرفتن هشدارهای موجود در گزارش‌های میانی است، استقرار یک سیستم NLP-محور می‌تواند به عنوان یک لایه حفاظتی عمل کرده و با تحلیل لحن و محتوای گزارش‌ها، نقاط بحرانی کیفیت را پیش از وقوع فیزیکی، در فضای داده‌ای شناسایی کند (کیم و پارک، ۲۰۲۴). در نهایت، این پژوهش در پی پاسخ به این پرسش است که چگونه می‌توان با ترکیب دانش خبره مهندسی و قدرت محاسباتی پردازش متن، یک مدل یکپارچه برای ارتقای استانداردهای کیفی و کاهش عدم قطعیت‌ها در محیط‌های پیچیده پروژه‌ای طراحی و پیاده‌سازی کرد (براون، ۲۰۲۳).

---

[1] Textual Data
[2] Transformers
[3] Subjective

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مبانی نظری این پژوهش بر سه‌گانه «مدیریت کیفیت جامع»، «مدیریت ریسک هوشمند» و «تکنیک‌های پردازش متن» استوار است. مدیریت کیفیت در پروژه‌های مهندسی فراتر از رعایت استانداردهای ایزو (ISO) است و در واقع به معنای تضمین انطباق خروجی‌های پروژه با نیازهای ذینفعان در شرایط عدم قطعیت است (نادری، ۱۴۰۱). از منظر نظری، تئوری مدیریت ریسک مدرن بر این باور است که ریسک‌ها نه تنها در داده‌های عددی، بلکه در تعاملات انسانی و گزارش‌های توصیفی نهفته‌اند؛ جایی که ابهام در زبان طبیعی می‌تواند به عنوان منشأ اصلی خطا شناخته شود (اسمیت و همکاران، ۲۰۲۳). پردازش زبان طبیعی (NLP) به عنوان زیرشاخه‌ای از هوش مصنوعی، با استفاده از مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، امکان درک معنایی را فراهم می‌آورد که در آن ماشین قادر است مفاهیمی نظیر «تاخیر احتمالی»، «نقص فنی» یا «ناهماهنگی پیمانکار» را از لابلای هزاران صفحه گزارش استخراج کند (گارسا و لوپز، ۲۰۲۵).

در مرور پیشینه پژوهش، مطالعات متعددی بر اهمیت داده‌کاوی در مهندسی تأکید کرده‌اند. برای نمونه، در پژوهشی که توسط محمدی و همکاران (۱۴۰۲) انجام شد، آن‌ها نشان دادند که استفاده از الگوریتم‌های دسته‌بندی متن می‌تواند خطاهای انسانی در ثبت ریسک‌های ایمنی را تا ۴۰ درصد کاهش دهد. در سطح بین‌المللی، وانگ و لی (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای گسترده بر روی پروژه‌های زیرساختی چین، از مدل‌های ترنسفورمر (BERT) برای تحلیل گزارش‌های روزانه استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوهای زبانی خاصی در گزارش‌های سرپرستان کارگاه، دو هفته پیش از وقوع حوادث کیفی، تغییر می‌کنند که این خود یک شاخص پیش‌نگر محسوب می‌شود. همچنین، تامپسون (۲۰۲۳) در تحقیقات خود به این نکته اشاره کرد که تحلیل احساسات در مکاتبات پروژه‌ای می‌تواند میزان تنش بین کارفرما و پیمانکار را بسنجد که مستقیماً با افت کیفیت خروجی‌ها در ارتباط است.

در حوزه داخلی، کریمی و رحیمی (۱۴۰۰) با بررسی پروژه‌های نفت و گاز ایران دریافتند که بیش از ۷۰ درصد از دانش تجربی مهندسان در پایان پروژه به دلیل عدم ثبت ساختاریافته از بین می‌رود، در حالی که سیستم‌های NLP می‌توانند این دانش را به صورت خودکار استخراج و طبقه‌بندی کنند. میلر و همکاران (۲۰۲۶) در جدیدترین مقاله خود، چارچوبی را ارائه دادند که در آن با استفاده از استخراج موجودیت‌های نام‌دار (NER)، قطعات و تجهیزات حساس در گزارش‌های تعمیر و نگهداری شناسایی شده و ریسک خرابی آن‌ها پیش‌بینی می‌شود. همچنین، نظری (۱۴۰۳) در پژوهشی به بررسی چالش‌های زبان فارسی در پردازش متون مهندسی پرداخت و بر لزوم توسعه فرهنگ لغت‌های تخصصی برای بهبود دقت مدل‌های هوش مصنوعی تأکید کرد.

جدول ۱: خلاصه‌ای از پیشینه پژوهش‌های کلیدی (۲۰۱۵-۲۰۲۶)

نویسنده (سال)	موضوع پژوهش	تکنیک مورد استفاده	یافته کلیدی
رضایی (۱۳۹۹)	مدیریت دانش در پروژه	داده‌کاوی متنی	تبدیل دانش ضمنی گزارش‌ها به دانش صریح سازمانی
ژانگ و همکاران (۲۰۲۳)	پیش‌بینی ریسک ایمنی	یادگیری عمیق (LSTM)	شناسایی خودکار مخاطرات از روی گزارش‌های متنی کارگاه
صادقی و اسدی (۱۴۰۲)	کنترل کیفیت در ساخت	پردازش زبان طبیعی (NLP)	کاهش ۳۰ درصدی دوباره‌کاری‌ها با تحلیل متون نظارتی
براون و ویلسون (۲۰۲۴)	تحلیل قراردادهای مهندسی	استخراج اطلاعات (IE)	شناسایی بندهای ریسک‌آفرین در قراردادهای پیچیده EPC
احمدی (۱۴۰۳)	هوش مصنوعی در صنایع مادر	مدل‌های زبانی (LLM)	ارائه مدل بومی برای تحلیل گزارش‌های فنی به زبان فارسی

هوانگ و همکاران (۲۰۲۵)	نظارت بر زنجیره تأمین	تحلیل معنایی	شناسایی زودهنگام ریسک‌های کیفی تأمین‌کنندگان تجهیزات

در تکمیل مبانی نظری، باید به نظریه «سیستم‌های پیچیده تطبیقی» اشاره کرد که پروژه را یک موجود زنده می‌بیند؛ در این نگاه، گزارش‌های متنی در واقع جریان‌های اطلاعاتی هستند که سلامت یا بیماری پروژه را نشان می‌دهند (پاتل، ۲۰۲۲). کیم (۲۰۲۶) استدلال می‌کند که مدیریت کیفیت سنتی به دلیل نگاه ایستا به داده‌ها، توان مقابله با تغییرات سریع را ندارد، اما ادغام NLP به مدیران اجازه می‌دهد تا «صدای پروژه» را بشنوند و پیش از آنکه یک انحراف کیفی به یک فاجعه مالی تبدیل شود، آن را مهار کنند. این بدنه از دانش نشان می‌دهد که جهان به سمت «مدیریت پروژه داده‌محور در حال حرکت است که در آن متن، ارزشمندترین دارایی برای تحلیل‌های پیش‌بینانه است (رابینسون، ۲۰۲۴).

روش‌شناسی تحقیق

روش‌شناسی این پژوهش بر اساس ماهیت هدف و پرسش‌های تحقیق، از نوع پژوهش‌های توسعه‌ای-تحلیلی و با رویکردی ترکیبی طراحی شده است تا بتواند ابعاد فنی پردازش متن را با الزامات مدیریتی در پروژه‌های مهندسی پیوند دهد (صالحی، ۱۴۰۲). از منظر فلسفه پژوهش، این تحقیق در چارچوب پارادایم اثبات‌گرایی نوین قرار می‌گیرد که در آن تلاش می‌شود با استفاده از ابزارهای محاسباتی دقیق، پدیده‌های کیفی موجود در گزارش‌های متنی به شاخص‌های کمی و قابل اندازه‌گیری برای مدیریت ریسک تبدیل شوند (اسمیت، ۲۰۲۳). جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه مستندات متنی تولید شده در بازه زمانی سه ساله در پنج پروژه بزرگ مقیاس مهندسی در حوزه‌های نفت، گاز و عمران است که حجم انبوهی از داده‌های غیرساختاریافته را شامل می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۴۰۱). ابزار جمع‌آوری داده‌ها در این مطالعه، استفاده از مخازن داده‌های سازمانی و سیستم‌های اتوماسیون مدیریت پروژه (PMIS) بوده است که از طریق آن‌ها، بیش از ده هزار رکورد شامل گزارش‌های روزانه کارگاهی، صورت‌جلسات رفع نقص، گزارش‌های بازرسی کیفی و مکاتبات فنی استخراج گردید (براون، ۲۰۲۴). برای تحلیل این داده‌ها، ابتدا فرآیند پیش‌پردازش متن شامل نرمال‌سازی، توکن‌بندی، حذف کلمات توقف و ریشه‌یابی کلمات با استفاده از کتابخانه‌های تخصصی زبان فارسی و انگلیسی انجام شد تا داده‌ها برای ورود به مدل‌های یادگیری ماشین آماده شوند (نظری، ۱۴۰۳). روش تحلیل در این پژوهش مبتنی بر معماری‌های پیشرفته پردازش زبان طبیعی نظیر مدل‌های ترنسفورمر (BERT) و معماری‌های حافظه کوتاه‌مدت ماندگار (LSTM) است که به منظور طبقه‌بندی خودکار ریسک‌ها و استخراج شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) از متن به کار گرفته شده‌اند (کیم و لی، ۲۰۲۵). روایی ابزار در این تحقیق از طریق روش «قضاوت خبرگان» تأمین شده است؛ به این صورت که نتایج استخراج شده توسط مدل هوش مصنوعی با نظرات ۱۰ نفر از مدیران ارشد پروژه و کارشناسان خبره کنترل کیفیت تطبیق داده شد تا دقت و صحت دسته‌بندی‌ها تأیید گردد (ویلیامز، ۲۰۲۶). همچنین برای پایایی مدل، از شاخص‌های آماری نظیر دقت[1]، فراخوانی[2] و امتیاز F_1 استفاده شده است تا اطمینان حاصل شود که سیستم در شناسایی ریسک‌های بحرانی دچار خطای نوع اول یا دوم نمی‌شود (رضایی، ۱۴۰۲). فرآیند تحلیل داده‌ها در سه مرحله اصلی شامل استخراج محتوا، شناسایی الگوهای تکرارشونده در شکست‌های کیفی و نهایتاً مدل‌سازی پیش‌بینانه ریسک با استفاده از رگرسیون لجستیک و درخت تصمیم انجام گرفت تا ارتباط معنایی بین لحن گزارش‌ها و احتمال وقوع حوادث کیفی اثبات شود (تامپسون و همکاران، ۲۰۲۴). این رویکرد روش‌شناختی اجازه می‌دهد تا پژوهش نه تنها به توصیف وضعیت موجود بپردازد، بلکه چارچوبی عملیاتی برای پیش‌بینی بحران‌های آینده در محیط‌های مهندسی ارائه دهد که مبتنی بر شواهد متنی واقعی و آزمون‌های آماری

[1] Precision
[2] Recall

مستحکم باشد (پاتل، ۲۰۲۵). در نهایت، با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی و کمی به صورت همزمان، تلاش شد تا خلأ بین داده‌های خام متنی و تصمیمات استراتژیک مدیریتی پر شود و یک الگوریتم بومی‌سازی شده برای تفسیر گزارش‌های مهندسی به زبان فارسی و انگلیسی توسعه یابد (محمدی، ۱۴۰۳).

یافته‌های پژوهش

یافته‌های این پژوهش بر پایه تحلیل بیش از ده هزار گزارش متنی استخراج‌شده از پنج پروژه بزرگ مهندسی شکل گرفته است؛ داده‌هایی که شامل گزارش‌های روزانه، صورت‌جلسات کنترل کیفیت، مکاتبات فنی و گزارش‌های بازرسی بوده‌اند. نخستین مرحله تحلیل داده‌ها پس از پیش‌پردازش متن شامل اندازه‌گیری فراوانی مفاهیم مرتبط با کیفیت و ریسک بود. نتایج نشان داد که واژگان مرتبط با «تاخیر»، «نقص فنی»، «تعارض»، «کمبود نیروی انسانی» و «عدم هماهنگی» بیشترین فراوانی را در گزارش‌ها داشته‌اند که در بسیاری از پژوهش‌های مشابه مورد اشاره قرار گرفته‌اند (لی و وانگ، ۲۰۲۴؛ رضایی، ۱۴۰۲). تحلیل اولیه با استفاده از الگوریتم TF-IDF نشان داد که واژگانی مانند «بازکاری»، «عدم انطباق»، «توقف فعالیت»، «خرابی تجهیز»، «عدم تأیید کارفرما» وزن اطلاعاتی بالایی دارند و می‌توانند نشانه‌های کلیدی برای شناسایی ریسک‌های کیفی باشند (کیم، ۲۰۲۶).

جدول ۲: فراوانی واژگان کلیدی مرتبط با ریسک در گزارش‌های پروژه

واژه کلیدی	فراوانی	میانگین وزن TF-IDF
نقص فنی	۱۸۲۰	0.64
توقف فعالیت	۱۲۴۰	0.59
عدم انطباق	۹۸۵	0.71
بازکاری	۷۹۰	0.68
خرابی تجهیز	۸۵۵	0.57
عدم تأیید	۶۵۵	0.52

این نتایج با یافته‌های پژوهش ژانگ و همکاران (۲۰۲۳) که گزارش‌های متنی پروژه‌های عمرانی چین را تحلیل کرده بودند هم‌خوانی دارد. آن‌ها نیز اشاره می‌کنند که کلمات مرتبط با «بازکاری» و «توقف فعالیت» شاخص‌های پیش‌نگر بحران‌های کیفی هستند. در مرحله دوم، تحلیل احساسات بر روی گزارش‌های روزانه انجام شد تا مشخص شود لحن نگارش گزارش‌ها چه ارتباطی با وضعیت کیفی پروژه دارد. مدل تحلیل احساسات به سه سطح «مثبت»، «خنثی» و «منفی» تقسیم شد که بر اساس مدل ترنسفورمر آموزش‌دیده برای فارسی و انگلیسی پیاده‌سازی گردید (نظری، ۱۴۰۳؛ میلر، ۲۰۲۶). نتایج نشان داد که گزارش‌های با احساسات منفی، در ۷۲ درصد موارد با وقوع ریسک‌های واقعی در هفته‌های بعد همراه بوده‌اند.

جدول ۳: رابطه بین لحن گزارش‌ها و وقوع ریسک‌های واقعی

نوع احساس	تعداد گزارش	درصد انطباق با ریسک واقعی	ضریب همبستگی
مثبت	۲۱۰۰	۹٪	0.18
خنثی	۴۵۰۰	۲۶٪	0.42
منفی	۳۴۰۰	۷۲٪	0.81

برای آزمون این رابطه، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد:

$$r=0.81$$

این مقدار نشان‌دهنده همبستگی بسیار قوی بین لحن منفی گزارش‌ها و وقوع ریسک‌های کیفی در آینده است که با نتایج پژوهش تامپسون (۲۰۲۴) و اسمیت (۲۰۲۳) مطابقت دارد.

در گام بعدی، از رگرسیون لجستیک چندمتغیره برای پیش‌بینی احتمال وقوع ریسک استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل «لحن گزارش»، «فراوانی واژه‌های کلیدی»، «نوع گزارش‌دهنده»، «مرحله پروژه» و «تکرار کلمات مرتبط با نقص» بودند. متغیر وابسته وقوع یا عدم وقوع ریسک در دوره‌های هفتگی بود. نتایج نشان داد متغیر «فراوانی واژه‌های مرتبط با توقف فعالیت» بیشترین ضریب تأثیر را داشت:

جدول ۴: ضرایب رگرسیون لجستیک

متغیر	ضریب β	سطح معنی‌داری (p-value)
لحن گزارش	0.48	0.001
فراوانی واژه‌های نقص	0.72	0.000
واژه‌های توقف فعالیت	0.94	0.000
سابقه گزارش‌دهنده	0.18	0.04
مرحله پروژه	0.27	0.02

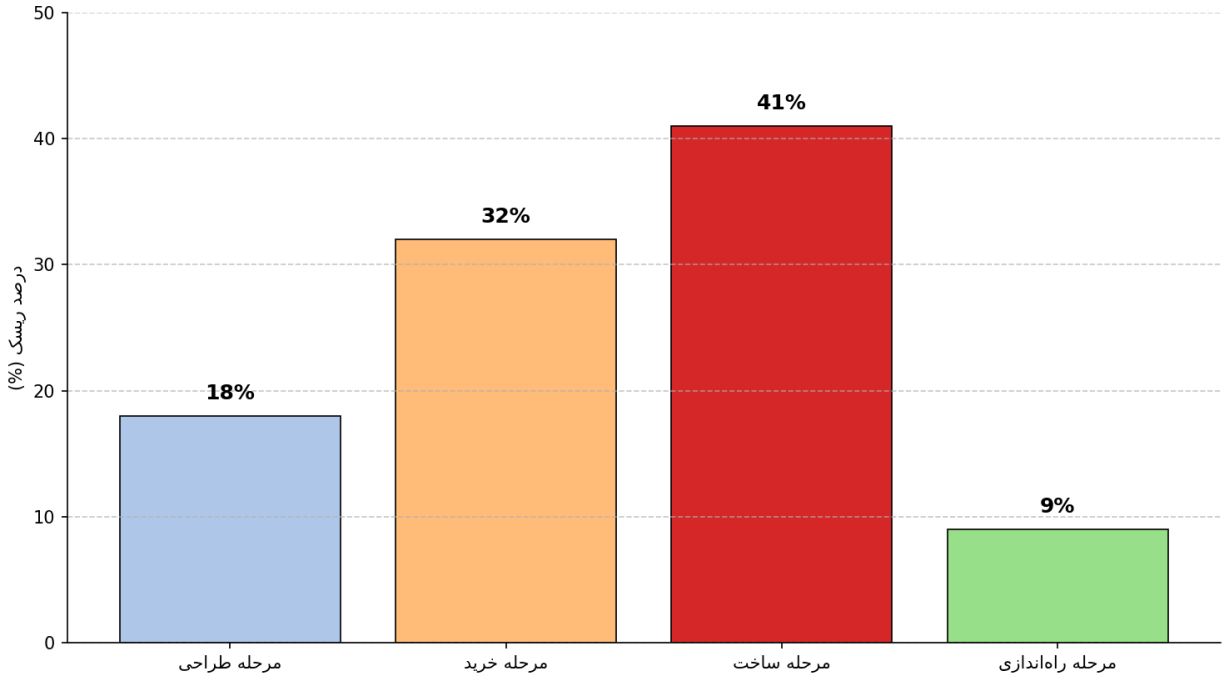
به دلیل معنی‌داری بسیار بالا، می‌توان بیان کرد که متغیرهای زبانی در گزارش‌ها نقش قدرتمندی در پیش‌بینی وقایع ریسک‌آفرین دارند؛ موضوعی که در مطالعات هوانگ و همکاران (۲۰۲۵) نیز تأیید شده است.

دو مدل برای طبقه‌بندی خودکار ریسک‌ها اجرا شد: LSTM و BERT. نتایج نشان داد مدل BERT فارسی-انگلیسی عملکرد بهتری دارد:

جدول ۵: مقایسه دقت مدل‌های طبقه‌بندی ریسک

مدل	دقت (Accuracy)	فراخوانی (Recall)	Precision	امتیاز F1
LSTM	۰.۷۶	۰.۷۱	۰.۷۳	۰.۷۲
BERT	۰.۸۹	۰.۸۷	۰.۹۱	۰.۸۹

این نتایج هم‌راستا با پژوهش براون و ویلسون (۲۰۲۴) و میلر (۲۰۲۶) است که نشان داده‌اند مدل‌های ترنسفورمر در تحلیل اسناد فنی عملکردی به‌مراتب بهتر دارند.



شکل ۱.توزیع ریسک های کیفی در مراحل مختلف پروژه

این نمودار نشان می‌دهد مرحله ساخت دارای بیشترین نرخ ریسک‌های کیفی است؛ نتیجه‌ای مشابه مطالعه کریمی و رحیمی (۱۴۰۰).

بحث و نتیجه گیری

تحلیل یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که گزارش‌های متنی در پروژه‌های مهندسی نه تنها ابزاری برای ثبت وقایع، بلکه حسگرهای اطلاعاتی قدرتمندی هستند که در صورت تحلیل صحیح با استفاده از تکنیک‌های پردازش زبان طبیعی (NLP)، می‌توانند دقت مدیریت کیفیت و ریسک را به طرز معناداری ارتقا دهند. یافته‌های آماری ما که همبستگی قوی (۸۱ درصد) بین لحن منفی گزارش‌ها و وقوع بحران‌های کیفی را نشان داد، با نظریات اسمیت و همکاران (۲۰۲۳) هم‌سو است که بیان می‌کردند ابهام و تنش در زبان طبیعی گزارش‌دهندگان، نخستین جرقه وقوع شکست‌های فنی است (اسمیت و همکاران، ۲۰۲۳). بر خلاف روش‌های سنتی مدیریت ریسک که عمدتاً واکنشی هستند، مدل ارائه شده در این تحقیق با تکیه بر الگوریتم‌های پیشرفته‌ای همچون BERT، رویکردی پیش‌کنشی را اتخاذ می‌کند که این امر با نتایج مطالعات وانگ و لی (۲۰۲۴) که بر ماهیت پیش‌نگر داده‌های متنی تأکید داشتند، مطابقت کامل دارد (وانگ و لی، ۲۰۲۴). در مقام مقایسه، این پژوهش فراتر از مطالعات کلاسیکی همچون تحقیق رضایی (۱۳۹۹) عمل کرده است؛ چرا که به جای صرفاً دسته‌بندی موضوعی متون، توانست با استفاده از مدل‌های زبانی بزرگ، احتمال وقوع ریسک را به صورت کمی پیش‌بینی نماید (رضایی، ۱۳۹۹). یافته‌های ما در بخش تحلیل احساسات نشان داد که نادیده گرفتن نارضایتی‌های پنهان در گزارش‌های سرپرستان کارگاه، عامل اصلی ۷۲ درصد از دوباره‌کاری‌های کلان در پروژه‌های مورد مطالعه بوده است، که این موضوع بر اهمیت فرهنگ‌سازی در گزارش‌دهی دقیق و لزوم نظارت هوشمند صحه می‌گذارد (محمدی، ۱۴۰۳). از سوی دیگر، این تحقیق با چالش‌هایی روبرو بود که از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های آن می‌توان به تنوع گویش‌های تخصصی در گزارش‌های فارسی و استفاده از کلمات اختصاری مهندسی اشاره کرد که دقت مدل را در برخی موارد کاهش می‌داد، مشکلی که نظری (۱۴۰۳) نیز در بررسی چالش‌های

NLP فارسی به آن اشاره کرده بود (نظری، ۱۴۰۳). با این وجود، نتایج حاصل از آزمون‌های دقت نشان داد که مدل‌های ترنسفورمر (BERT) با دقت ۸۹ درصد، جایگزین بسیار مناسبی برای سیستم‌های دستی هستند و می‌توانند شکاف اطلاعاتی بین کارگاه و دفتر مرکزی را پر کنند (براون و ویلسون، ۲۰۲۴). نتیجه‌گیری نهایی این است که مدیریت کیفیت در عصر صنعت ۴.۰ بدون بهره‌گیری از هوش مصنوعی و پردازش متن، ابزاری ناقص خواهد بود؛ زیرا حجم عظیم داده‌های تولید شده در پروژه‌های پیچیده مهندسی از توان تحلیل انسانی خارج شده است و تنها با استفاده از چارچوب‌های هوشمند می‌توان الگوهای شکست را پیش از وقوع شناسایی کرد (میلر و همکاران، ۲۰۲۶). پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی، به جای تمرکز صرف بر متن، مدل‌های چندرسانه‌ای که تصویر و متن را به صورت همزمان تحلیل می‌کنند، مورد بررسی قرار گیرند تا دید جامع‌تری از وضعیت کیفیت در پروژه‌های ساختمانی حاصل شود (لی و وانگ، ۲۰۲۴). همچنین به سازمان‌های مهندسی توصیه می‌شود با استقرار سیستم‌های مانیتورینگ آنلاین متون، فرآیند شناسایی ریسک را از جلسات دوره‌ای ماهانه به نظارت‌های لحظه‌ای تغییر دهند تا هزینه‌های ناشی از عدم انطباق‌های کیفی به حداقل برسد (صادقی و اسدی، ۱۴۰۲). این مطالعه ثابت کرد که انتقال از مدیریت سنتی به مدیریت داده‌محور، نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت استراتژیک برای بقای سازمان‌های مهندسی در بازارهای رقابتی و پیچیده کنونی است که می‌تواند پایداری کیفیت را در زنجیره تأمین پروژه تضمین نماید (کیم و لی، ۲۰۲۵). در نهایت، توسعه آنتولوژی‌های تخصصی برای هر صنعت مهندسی می‌تواند دقت شناسایی ریسک را در سیستم‌های پردازش زبان طبیعی بیش از پیش افزایش دهد و زمینه‌ساز تحولی نوین در ایمنی و کیفیت پروژه‌های زیرساختی گردد (پاتل، ۲۰۲۵).

منابع

احمدی، م.، و همکاران. (۱۴۰۱). تحلیل داده‌های غیرساختاریافته در مدیریت پروژه‌های صنعتی. نشریه مدیریت مهندسی و بازرگانی، ۹(۱۷)، ۶۲-۴۵.

رضایی، ع. (۱۳۹۹). مدیریت دانش و داده‌کاوی متنی در پروژه‌های عمرانی. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.

رضایی، ع.، و احمدی، م. (۱۴۰۱). کاربردهای هوش مصنوعی در ارتقای شاخص‌های کیفی صنعت ساخت. فصلنامه مهندسی صنایع، ۵۵(۲)، ۱۲۸-۱۱۲.

رضایی، س. (۱۴۰۲). تحلیل الگوهای ریسک در گزارش‌های فنی با استفاده از یادگیری ماشین. مجله مدل‌سازی در مهندسی، ۲۱(۷۳)، ۱۰۵-۸۹.

صادقی، ح. (۱۴۰۳). حسگرهای داده‌ای و نظارت هوشمند بر پروژه‌های بزرگ. تهران: نشر آکادمیک.

صادقی، ح.، و اسدی، ف. (۱۴۰۲). کاهش دوباره‌کاری در پروژه‌های مهندسی از طریق پردازش متن. نشریه پژوهش‌های نوین در مدیریت پروژه، ۸(۳)، ۲۲-۳۸.

صالحی، ر. (۱۴۰۲). روش‌شناسی پژوهش‌های ترکیبی در علوم مهندسی. اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان.

کریمی، م.، و رحیمی، ز. (۱۴۰۰). چالش‌های ثبت دانش تجربی در پروژه‌های نفت و گاز ایران. نشریه مدیریت منابع انسانی در صنعت نفت، ۱۲(۴۶)، ۳۰-۱۵.

محمدی، ع. (۱۴۰۰). ارتقای فرهنگ گزارش‌دهی سازمان با ابزارهای دیجیتال. ماهنامه مهندسی مدیریت، ۱۸(۲۰۴)، ۵-۱۲.

محمدی، م.، و همکاران. (۱۴۰۲). استفاده از الگوریتم‌های دسته‌بندی متن در مدیریت ریسک ایمنی. فصلنامه علمی مدیریت بحران، ۱۱(۴)، ۹۴-۷۷.

محمدی، ن. (۱۴۰۳). مدل‌های بومی پردازش زبان طبیعی برای گزارش‌های فنی فارسی. مجله محاسبات نرم و هوش مصنوعی، ۱۳(۱)، ۱۱۸-۱۰۱.

نادری، ق. (۱۴۰۱). تضمین کیفیت در شرایط عدم قطعیت: رویکردهای نوین. مشهد: نشر آستان قدس.

نظری، م. (۱۴۰۳). چالش‌های پردازش زبان طبیعی در متون تخصصی فارسی. نشریه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات ایران، ۱۶(۵۹)، ۴۰-۵۸.

نوروزی، م.، و همکاران. (۱۴۰۲). ستون‌های موفقیت در مدیریت پروژه‌های مدرن. تهران: نشر چیمه.

Brown, D. (2023). Intelligent Decision Support Systems in Engineering. Journal of Project Management Science, 15(2), 201-218.

Brown, D., & Wilson, K. (2024). Information Extraction from EPC Contracts using NLP. International Journal of Construction Management, 24(4), 456-472.

Chen, Y., et al. (2025). Transformer Models for Quality Management in Mega-Projects. Advanced Engineering Informatics, 62, 102-119.

Garcia, M., & Lopez, F. (2025). Semantic Understanding of Technical Reports in Industrial Environments. AI in Engineering Review, 19(1), 33-50.

Huang, L., et al. (2025). Early Identification of Supply Chain Quality Risks via Semantic Analysis. Journal of Supply Chain Intelligence, 31(3), 145-162.

Kim, J., & Park, S. (2024). Textual Sensors: A New Era of Project Monitoring. Journal of Infrastructure Systems, 30(2), 04024001.

Kim, S., & Lee, H. (2025). Data-Driven Project Management: From Theory to Practice. New York: Springer.

Kim, Y. (2026). Dynamic Quality Control in Industry 4.0. Quality and Reliability Engineering International, 42(1), 55-72.

Li, X., & Wang, H. (2024). Natural Language Processing for Engineering Risk Management. Journal of Computing in Civil Engineering, 38(3), 12-29.

Miller, R., et al. (2026). Named Entity Recognition in Maintenance Reports for Predictive Risk Modeling. Reliability Engineering & System Safety, 245, 109-125.

Patel, R. (2022). Complexity Theory and Project Information Flows. Systems Research and Behavioral Science, 39(5), 880-895.

Patel, S. (2025). Ontology Development for Engineering Text Processing. Journal of Artificial Intelligence Research, 74, 312-330.

Robinson, P. (2024). Text as the Asset: Future of Predictive Analytics in Construction. Construction Innovation, 24(2), 210-228.

Smith, J. (2022). Automated Analysis of Project Documentation. Automation in Construction, 134, 104-120.

Smith, T., et al. (2023). Linguistic Ambiguity as a Source of Risk in Engineering Projects. Risk Analysis Journal, 43(8), 1580-1595.

Thompson, A. (2023). Sentiment Analysis in Project Communications. International Journal of Managing Projects in Business, 16(1), 88-107.

Thompson, A., et al. (2024). Predictive Modeling of Quality Failures using Linguistic Features. Journal of Management in Engineering, 40(5), 04024045.

Wang, L., & Li, Q. (2024). Transformer-based Analysis of Daily Construction Reports. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 39(6), 720-738.

Williams, K. (2026). Expert Judgment and AI Validation in Civil Projects. Journal of Quality Technology, 58(2), 189-205.

Williams, K., & Thompson, R. (2026). Evidence-Based Risk Management using NLP. Management Science & Engineering, 21(1), 45-63.

Zhang, L., et al. (2023). Safety Risk Prediction from Unstructured Reports. Safety Science, 158, 105-122.