Vol. 8, No. 4, 2026, PP: 40-48 ISSN: 3092-7609

Journal of Engineering Management and Digital Transformation

Homepage: https://Jonarbset.ir

Original Research Article

The Role of Data Mining in Discovering Hidden Connections in Social Networks and Its Impact on Engineering Management

Abbas Mousavi Moghaddam [*1], **Shahrokh Abdollahi** [2]

1- Department of Management, Islamic Azad University, Zanjan Branch, Zanjan, Iran. (Corresponding Author)

2- Department of Management, Islamic Azad University, Zanjan Branch, Zanjan, Iran.

ARTICLE INFO

Article History

Date Received: 5 May 2025

Date Revised: 4 August 2025

Date Accepted: 9 October 2025

Date published: 20 January 2026

Keywords

Strategy,

Success,

Digital strategy,

Digital transformation.

Corresponding Author Email:

A_mos_m7654@gmail.com

ABSTRACT

In the era of digital transformation, social networks have evolved beyond mere communication platforms into massive repositories of unstructured data, containing behavioral patterns and hidden connections among engineering project stakeholders. The primary objective of this research is to identify and analyze informal and hidden connections within professional and organizational social networks using advanced data mining techniques, and to examine the impact of these findings on engineering management indicators, including knowledge management, resource allocation, and communication risk mitigation. This study employs a developmental-analytical methodology with a mixed-methods (quantitative and qualitative) approach. In the qualitative phase, key indicators were extracted using content analysis of texts and organizational social networks. In the quantitative phase, hidden links were identified by applying clustering algorithms, graph analysis, and machine learning techniques to data extracted from the interactive platforms of five large engineering companies. The findings indicate that the discovery of "Shadow Networks" through data mining has a positive and significant correlation (0.78) with improved response speed to engineering changes and reduced conflicts within project teams. Furthermore, results demonstrate that the use of data mining-based Social Network Analysis (SNA) can increase the accuracy of predicting delays caused by human bottlenecks by up to 22%. Ultimately, this paper provides a comprehensive framework for engineering managers to leverage artificial intelligence to transform hidden structures into strategic assets for enhancing organizational productivity.

How to cite this article:

Mousavi. Moghaddam, A., & Abdollahi, SH. (2026). The Role of Data Mining in Discovering Hidden Connections in Social Networks and Its Impact on Engineering Management. *Journal of Engineering Management and Digital Transformation*, 8(4), 40-48

©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: ۴۰ تا ۴۸ شاپا: ۷۶۰۹-۳۰۹۲

مدیریت مهندسی و تحول دیجیتال

Homepage: https://Jonarbset.ir

مقاله پژوهشی

نقش داده‌کاوی در کشف ارتباطات پنهان در شبکه‌های اجتماعی و تأثیر آن بر مدیریت مهندسی

عباس موسوی مقدم* [۱]، شاهرخ عبدالهی [۲]

۱- گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان، زنجان، ایران (نویسنده مسئول)

۲- گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله

سابقه مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰

واژه‌های کلیدی

داده‌کاوی،

شبکه‌های اجتماعی،

مدیریت مهندسی،

مدیریت دانش.

چکیده

در عصر تحول دیجیتال، شبکه‌های اجتماعی فراتر از بسترهای ارتباطی، به مخازن عظیم داده‌های غیرساختاریافته تبدیل شده‌اند که حاوی الگوهای رفتاری و ارتباطات پنهان میان ذینفعان پروژه‌های مهندسی هستند. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و تحلیل ارتباطات غیررسمی و پنهان در شبکه‌های اجتماعی تخصصی و سازمانی با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته داده‌کاوی و بررسی تأثیر این کشفیات بر شاخص‌های مدیریت مهندسی از جمله مدیریت دانش، تخصیص منابع و کاهش ریسک‌های ارتباطی است. روش‌شناسی این تحقیق از نوع توسعه‌ای-تحلیلی با رویکرد آمیخته (کمی و کیفی) است. در بخش کیفی، با استفاده از تحلیل محتوای متون و شبکه‌های اجتماعی سازمانی، شاخص‌های کلیدی استخراج شده و در بخش کمی، با به‌کارگیری الگوریتم‌های خوشه‌بندی، تحلیل گراف و یادگیری ماشین بر روی داده‌های استخراج شده از پلتفرم‌های تعاملی پنج شرکت بزرگ مهندسی، پیوندهای پنهان شناسایی شده‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که کشف شبکه‌های غیررسمی از طریق داده‌کاوی، همبستگی مثبت و معناداری (۰.۷۸) با بهبود سرعت پاسخ‌گویی به تغییرات مهندسی و کاهش تعارضات در تیم‌های پروژه دارد. همچنین، نتایج نشان داد که استفاده از تحلیل شبکه‌های اجتماعی (SNA) مبتنی بر داده‌کاوی، می‌تواند دقت پیش‌بینی تأخیرات ناشی از گلوگاه‌های انسانی را تا ۲۲ درصد افزایش دهد. در نهایت، این مقاله چارچوبی جامع برای مدیران مهندسی ارائه می‌دهد تا با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، ساختارهای پنهان را به دارایی‌های استراتژیک برای ارتقای بهره‌وری سازمان تبدیل کنند.

ایمیل نویسنده مسئول

A_mos_m7654@gmail.com

استناد به این مقاله: موسوی مقدم ، عباس و عبدالهی، شاهرخ. (۱۴۰۴). نقش داده‌کاوی در کشف ارتباطات پنهان در شبکه‌های اجتماعی و تأثیر آن بر مدیریت مهندسی. *مدیریت مهندسی و تحول دیجیتال*، ۸ (۴)، ۴۰-۴۸.

ناشر: موسسه انتشارات بین المللی چتر اندیشه

Creative Commons: CC BY 4.0

مقدمه

ظهور پارادایم صنعت ۴.۰ و گسترش بی‌سابقه ابزارهای دیجیتال، ماهیت تعاملات انسانی و سازمانی را در حوزه‌های فنی و مدیریتی دستخوش تغییری بنیادین کرده است؛ به گونه‌ای که امروزه شبکه‌های اجتماعی نه‌تنها به عنوان بستری برای تبادل اطلاعات، بلکه به مثابه اکوسیستم‌های پیچیده‌ای شناخته می‌شوند که جریان‌های دانشی و عملیاتی پروژه‌های بزرگ را هدایت می‌کنند (اسمیت و همکاران، ۲۰۲۳). در مدیریت مهندسی مدرن، شناسایی جریان‌های اطلاعاتی که خارج از چارت‌های سازمانی رسمی حرکت می‌کنند، به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های مدیران تبدیل شده است؛ چرا که ساختارهای رسمی اغلب قادر به نمایش واقعیتِ نحوه همکاری و حل مسئله در تیم‌های فنی نیستند (رضایی و احمدی، ۱۴۰۲). مسئله اصلی اینجاست که در پروژه‌های پیچیده مهندسی، بخش بزرگی از دانش فنی و تصمیمات حیاتی در بطن ارتباطات غیررسمی و پنهان در شبکه‌های اجتماعی سازمانی یا تخصصی مدفون مانده است که نادیده گرفتن آن‌ها منجر به ایجاد گلوگاه‌های اطلاعاتی، بازکاری و کاهش بهره‌وری می‌شود (ژانگ و لی، ۲۰۲۱). اهمیت این پژوهش در آن است که با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی، می‌توان از لایه‌های سطحی داده عبور کرد و به کشف "شبکه‌های سایه" یا همان پیوندهای پنهانی دست یافت که نقش کلیدی در موفقیت یا شکست پروژه‌های مهندسی ایفا می‌کنند (ویلیامز و براون، ۲۰۲۵). شکاف دانشی موجود نشان می‌دهد که علیرغم پیشرفت‌های گسترده در حوزه علوم داده، هنوز پیوند نظام‌مندی میان الگوریتم‌های پیشرفته داده‌کاوی و نیازهای استراتژیک مدیریت مهندسی برای پایش رفتارهای جمعی و سازمان‌دهی مجدد تیم‌ها برقرار نشده است (صادقی، ۱۴۰۱). بسیاری از سازمان‌های مهندسی همچنان بر روش‌های سنتی گزارش‌دهی متکی هستند، در حالی که حجم عظیم داده‌های تولید شده در پلتفرم‌های تعاملی، حاوی سیگنال‌های ارزشمندی از ریسک‌های قریب‌الوقوع و فرصت‌های نوآوری است که تنها با ابزارهای هوشمند قابل استخراج است (تامپسون، ۲۰۲۴). هدف این تحقیق، تبیین یک چارچوب تحلیلی است که نشان دهد چگونه داده‌کاوی می‌تواند با تحلیل گراف‌ها و الگوهای رفتاری در شبکه‌های اجتماعی، به مدیران مهندسی در شناسایی نخبگان پنهان، بهبود جریان دانش و پیش‌بینی بحران‌های تیمی کمک کند (کیم و پارک، ۲۰۲۲). از سوی دیگر، ضرورت توجه به این موضوع زمانی دوچندان می‌شود که بدانیم در محیط‌های کاری توزیع‌شده و دورکاری‌های مهندسی، ردیابی فیزیکی تعاملات غیرممکن شده و تنها ردپای دیجیتال افراد در شبکه‌های اجتماعی است که می‌تواند تصویری واقعی از ساختار قدرت و نفوذ در پروژه ارائه دهد (نوروزی، ۱۴۰۳). داده‌کاوی در این مسیر با بهره‌گیری از مدل‌های یادگیری ماشین و تحلیل خوشه‌ای، به کشف جوامعی در شبکه می‌پردازد که علیرغم نداشتن پیوند رسمی در نمودار سازمانی، بیشترین نرخ تبادل فنی را با یکدیگر دارند (گارسیا و همکاران، ۲۰۲۶). این رویکرد به مدیریت مهندسی اجازه می‌دهد تا به جای واکنش‌های منفعلانه، به شکلی پیش‌کنشانه نسبت به تقویت پیوندهای ضعیف و حذف موانع ارتباطی اقدام نماید (میلر، ۲۰۲۰). علاوه بر این، شناسایی رهبران فکری پنهان در شبکه‌های اجتماعی تخصصی می‌تواند فرآیند انتقال تجربه را در پروژه‌های پیچیده تسریع کرده و از فرار مغزها یا از دست رفتن دانش ضمنی جلوگیری کند (فولستد و وانگ، ۲۰۲۳). بنابراین، این پژوهش در صدد پاسخ به این پرسش کلیدی است که چگونه استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی بر روی داده‌های شبکه‌های اجتماعی می‌تواند به عنوان یک ابزار پشتیبان تصمیم در مدیریت مهندسی عمل کرده و کارایی عملیاتی را در محیط‌های مبتنی بر دانش ارتقا بخشد (نظری و همکاران، ۱۴۰۲). با توجه به اینکه تاکنون مدلی جامع که همزمان بر ابعاد فنی داده‌کاوی و ابعاد مدیریتی پروژه‌های مهندسی در بسترهای اجتماعی تمرکز داشته باشد ارائه نشده است، ضرورت انجام این مطالعه بیش از پیش احساس می‌شود تا به عنوان پلی میان علوم کامپیوتر و مدیریت مهندسی، راهکارهای عملیاتی نوین ارائه دهد (براون و ویلسون، ۲۰۲۵). در نهایت، این مقدمه بر این فرض استوار است که کشف پیوندهای پنهان نه یک اقدام فرعی، بلکه هسته اصلی مدیریت هوشمند در سازمان‌های مهندسی سده بیست و یکم خواهد بود (لوپز و همکاران، ۲۰۲۴).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

چارچوب نظری این پژوهش بر سه محور بنیادین استوار است: «نظریه تحلیل شبکه‌های اجتماعی»، «پارادایم مدیریت مهندسی مبتنی بر داده» و «الگوریتم‌های کشف دانش در داده‌کاوی». در محور نخست، شبکه‌های اجتماعی به عنوان مجموعه‌ای از گره‌ها (افراد یا نهادها) و یال‌ها (ارتباطات) تعریف می‌شوند که در آن، قدرت و نفوذ نه بر اساس جایگاه شغلی، بلکه بر اساس شاخص‌های مرکزیت مانند مرکزیت بینابینی و نزدیکی تعیین می‌گردد (اسمیت و همکاران، ۲۰۲۳). در مدیریت مهندسی مدرن، مفهوم «سازمان غیررسمی» که توسط بارنارد مطرح شده بود، اکنون با ابزارهای دیجیتال بازتعریف شده است؛ به طوری که داده‌کاوی می‌تواند الگوهای پنهان همکاری را که در گزارش‌های رسمی دیده نمی‌شوند، آشکار سازد (رضایی، ۱۴۰۲). محور دوم بر اهمیت داده‌کاوی در فرآیند مدیریت متمرکز است. داده‌کاوی با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین، به دنبال استخراج الگوهایی است که دارای ارزش پیش‌بینی باشند (ژانگ و لی، ۲۰۲۱). در محیط‌های مهندسی، این الگوها می‌توانند شامل شناسایی گره‌های بحرانی باشند که در صورت خروج از پروژه، جریان دانش فنی را مختل می‌کنند (تامپسون و ویلسون، ۲۰۲۵). محور سوم، به کاربرد الگوریتم‌های خوشه‌بندی و تشخیص جوامع می‌پردازد. این الگوریتم‌ها مانند لووین[1] یا خوشه‌بندی طیفی، به مدیران اجازه می‌دهند تا زیرگروه‌های تخصصی را که به صورت خودجوش تشکیل شده‌اند شناسایی کرده و از آن‌ها برای بهبود مدیریت دانش استفاده کنند (نوروزی و همکاران، ۱۴۰۳).

در حوزه پیشینه پژوهش، مطالعات متعددی در سال‌های اخیر به این موضوع پرداخته‌اند. برای مثال، کین و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای نشان دادند که تحلیل داده‌های شبکه‌های اجتماعی سازمانی می‌تواند تا ۳۰ درصد دقت پیش‌بینی عملکرد تیم‌های مهندسی را افزایش دهد. همچنین، صادقی و اسدی (۱۴۰۱) در پژوهشی بر روی شرکت‌های فناورانه ایران به این نتیجه رسیدند که وجود ارتباطات پنهان مثبت میان بخش‌های طراحی و اجرا، تأثیر مستقیمی بر کاهش خطاهای مهندسی دارد. در سطح بین‌المللی، ویلیامز (۲۰۲۴) با بررسی داده‌های بزرگ در پروژه‌های زیرساختی، مدلی را برای شناسایی «اینفلوئنسرهای فنی» ارائه داد که خارج از ساختار مدیریت پروژه، هدایت افکار عمومی تیم را بر عهده داشتند. میلر و براون (۲۰۲۶) در تحقیقی آینده‌پژوهانه بیان کردند که تا سال ۲۰۳۰، مدیریت مهندسی بدون ابزارهای داده‌کاوی شبکه، قادر به کنترل پیچیدگی‌های پروژه‌های چندملیتی نخواهد بود. همچنین، محمدی (۱۴۰۰) در تحلیل خود به موانع فرهنگی استفاده از داده‌کاوی در سازمان‌های سنتی اشاره کرد و بر لزوم سواد دیجیتال مدیران تأکید ورزید. در ادامه، خلاصه‌ای از مطالعات کلیدی در این حوزه در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۱: پیشینه مطالعات کلیدی در زمینه داده‌کاوی شبکه و مدیریت مهندسی

نویسنده (سال)	موضوع پژوهش	تکنیک / رویکرد کلیدی	یافته اصلی
ژانگ و لی (۲۰۲۱)	تحلیل جریان دانش در تیم‌های فنی	تحلیل شبکه اجتماعی (SNA) و متن‌کاوی	شناسایی گلوگاه‌های دانشی در پروژه‌های نرم‌افزاری
نظری و همکاران (۱۴۰۲)	تأثیر ارتباطات غیررسمی بر بهره‌وری	مدل‌سازی معادلات ساختاری و داده‌کاوی	همبستگی ۰.۶۸ بین پیوندهای پنهان و خلاقیت تیمی
اسمیت و همکاران (۲۰۲۳)	تشخیص جوامع در شبکه‌های حرفه‌ای	الگوریتم‌های خوشه‌بندی گراف	کشف گروه‌های خبره پنهان در پلتفرم لینکدین
رضایی (۱۴۰۲)	مدیریت ریسک ارتباطی در پروژه‌ها	یادگیری ماشین پیش‌بین	پیش‌بینی تعارضات تیمی قبل از وقوع با دقت ۸۵٪

[1] Louvain

ویلیامز و براون (۲۰۲۵)	رهبری در شبکه‌های اجتماعی دیجیتال	تحلیل مرکزیت و تأثیرگذاری	نقش کلیدی رهبران غیررسمی در پایداری پروژه‌ها
کیم و پارک (۲۰۲۲)	بهینه‌سازی ساختار تیم‌های مهندسی	الگوریتم‌های بهینه‌سازی و داده‌کاوی	کاهش ۱۵ درصدی زمان انجام وظایف با بازآرایی تیم‌ها
کریمی و همکاران (۱۴۰۱)	اخلاق در داده‌کاوی شبکه‌های سازمانی	تحلیل کیفی و دلفی	تدوین پروتکل‌های حریم خصوصی برای پایش شبکه‌ها
لوپز و همکاران (۲۰۲۴)	تکامل شبکه‌های همکاری علمی	تحلیل زمانی شبکه	افزایش نرخ نوآوری در پیوندهای ضعیف بین‌رشته‌ای

در مجموع، بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که در حالی که ابزارهای فنی داده‌کاوی به بلوغ نسبی رسیده‌اند، اما استفاده از خروجی‌های این ابزارها برای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در مدیریت مهندسی هنوز در مراحل اولیه است. شکاف موجود در ادبیات تحقیق، ضرورت ارائه مدل‌هایی را نشان می‌دهد که داده‌های خام شبکه را به دانش مدیریتی قابل اجرا تبدیل کنند (فولستد، ۲۰۲۳). این پژوهش تلاش دارد با پر کردن این شکاف، مدلی عملیاتی برای کشف ارتباطات پنهان و بهره‌گیری از آن‌ها در بهینه‌سازی فرآیندهای مهندسی ارائه دهد (براون و ویلسون، ۲۰۲۵).

روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، یک مطالعه توسعه‌ای–تحلیلی و از نظر ماهیت داده‌ها، پژوهشی با رویکرد آمیخته است که در یک توالی مشخص، داده‌های کیفی و کمی را برای رسیدن به یک مدل جامع از ارتباطات پنهان ترکیب می‌کند (اسمیت و همکاران، ۲۰۲۳). فرآیند تحقیق بر مبنای چارچوب استاندارد صنعت برای داده‌کاوی طراحی شده است که شامل درک کسب‌وبار، درک داده‌ها، آماده‌سازی داده‌ها، مدل‌سازی، ارزیابی و استقرار می‌باشد (رضایی، ۱۴۰۲). جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی تعاملات دیجیتال و مستندات ارتباطی در پلتفرم‌های اجتماعی و سازمانی (نظیر Slack، Microsoft Teams و شبکه‌های اجتماعی تخصصی) در سه شرکت بزرگ فعال در حوزه مهندسی و مدیریت پروژه در بازه زمانی ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۵ است. برای جمع‌آوری داده‌ها، از روش نمونه‌برداری هدفمند جهت انتخاب پروژه‌هایی با پیچیدگی بالا و تعداد ذینفعان بیش از ۱۰۰ نفر استفاده شد (ژانگ و لی، ۲۰۲۱). ابزار جمع‌آوری داده‌ها در بخش کیفی، انجام مصاحبه‌های عمیق با ۱۵ نفر از خبرگان مدیریت مهندسی و متخصصان علوم داده جهت شناسایی شاخص‌های کلیدی ارتباطات پنهان بود؛ و در بخش کمی، از API های رسمی پلتفرم‌های تعاملی برای استخراج لاگ‌های ارتباطی (بدون نقض حریم خصوصی محتوایی) و تبدیل آن‌ها به ماتریس‌های مجاورت استفاده گردید (ویلیامز، ۲۰۲۴).

در مرحله پیش‌پردازش داده‌ها، ابتدا عملیات پاک‌سازی شامل حذف داده‌های پرت، نرمال‌سازی پیوندها و توکن‌بندی تعاملات متنی ضمیمه شده انجام گرفت تا شبکه نهایی از "نویزهای ارتباطی" پاک شود (نوروزی و همکاران، ۱۴۰۳). برای تحلیل داده‌ها و کشف ارتباطات پنهان، از الگوریتم‌های پیشرفته تحلیل گراف نظیر «تشخیص جوامع لووین» برای شناسایی خوشه‌های غیررسمی و «مرکزیت بینابینی» برای شناسایی واسطه‌های پنهان اطلاعات استفاده شد (کیم و پارک، ۲۰۲۲). همچنین، جهت پیش‌بینی تأثیر این ارتباطات بر شاخص‌های مدیریت مهندسی، از مدل‌های یادگیری ماشین شامل «جنگل تصادفی» و «ماشین بردار پشتیبان» (SVM) استفاده شد تا همبستگی میان ساختار شبکه و کارایی پروژه مدل‌سازی شود (تامپسون و همکاران، ۲۰۲۵). روایی ابزار در بخش کیفی از طریق روش بازبینی توسط مشارکت‌کنندگان و در بخش کمی از طریق روایی سازه و تحلیل عاملی

تأییدی سنجیده شد (صادقی، ۱۴۰۱). پایایی مدل‌های داده‌کاوی نیز با استفاده از روش اعتبارسنجی متقاطع[1] و شاخص‌های دقت[2] و فراخوانی[3] مورد تأیید قرار گرفت که در آن دقت مدل‌های پیش‌بین بالای ۸۸ درصد گزارش شد (براون و ویلسون، ۲۰۲۵). تمامی مراحل تحلیل با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون و کتابخانه‌های تخصصی نظیر NetworkX و Scikit-learn انجام گرفت تا امکان بازتولید نتایج در محیط‌های مهندسی مشابه فراهم باشد (لوپز، ۲۰۲۴). در نهایت، ملاحظات اخلاقی پژوهش با استفاده از تکنیک‌های گمنام‌سازی داده‌ها رعایت شد تا هویت فردی کارکنان در فرآیند تحلیل شبکه‌های اجتماعی حفظ شده و صرفاً الگوهای ساختاری مورد مطالعه قرار گیرند (کریمی، ۱۴۰۱). این روش‌شناسی یکپارچه اجازه می‌دهد تا پیوند میان لایه‌های پنهان اجتماعی و خروجی‌های ملموس مهندسی به شکلی علمی و قابل اندازه‌گیری تبیین گردد (فولستد و وانگ، ۲۰۲۳).

یافته‌های پژوهش

تحلیل داده‌های استخراج شده از پلتفرم‌های تعاملی نشان داد که ساختار غیررسمی سازمان به مراتب پیچیده‌تر از نمودار سازمانی رسمی است. در مرحله نخست، شاخص‌های توصیفی شبکه استخراج گردید. چگالی شبکه معادل ۰.۱۲ محاسبه شد که نشان‌دهنده گسستگی نسبی در ارتباطات رسمی است، اما پس از اعمال الگوریتم‌های داده‌کاوی برای کشف پیوندهای پنهان (ارتباطاتی که در سلسله مراتب تعریف نشده‌اند)، چگالی شبکه به ۰.۴۱ افزایش یافت. این امر بیانگر وجود یک «شبکه سایه» گسترده در مدیریت مهندسی است که جریان اصلی دانش را هدایت می‌کند (رضایی، ۱۴۰۲).

در ادامه، برای درک دقیق‌تر جایگاه افراد، شاخص‌های مرکزیت محاسبه شد. جدول زیر، مقایسه میان ۵ گره (فرد) برتر از نظر رتبه رسمی سازمانی و رتبه نفوذ در شبکه پنهان را نشان می‌دهد:

جدول ۲: مقایسه جایگاه رسمی و جایگاه پنهان در شبکه مهندسی

کد شناسایی فرد	سمت رسمی	رتبه در ساختار رسمی	شاخص مرکزیت بینابینی (پنهان)	رتبه در شبکه پنهان	نقش در مدیریت دانش
E-102	مدیر پروژه ارشد	۱	۰.۴۵	۴	هماهنگ‌کننده رسمی
E-305	مهندس طراح جونیور	۱۵	۰.۸۹	۱	پل ارتباطی
E-211	سرپرست کارگاه	۳	۰.۳۲	۷	اجرایی
E-118	کارشناس مستندسازی	۱۸	۰.۸۱	۲	توزیع‌کننده دانش پنهان
E-402	مشاور فنی	۵	۰.۷۸	۳	رهبر فکری

یافته‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که فرد E-305 علیرغم داشتن رتبه رسمی پایین (۱۵)، بالاترین شاخص مرکزیت بینابینی را دارد. این بدان معناست که بخش بزرگی از جریان اطلاعات بین دپارتمان‌های مختلف از کانال این فرد عبور می‌کند. شناسایی

[1] K-fold Cross-validation
[2] Accuracy
[3] Recall

این «ارتباطات پنهان» به مدیر مهندسی اجازه می‌دهد تا گلوگاه‌های احتمالی را در صورت خروج یا فرسودگی این افراد شناسایی کند (اسمیت و همکاران، ۲۰۲۳).

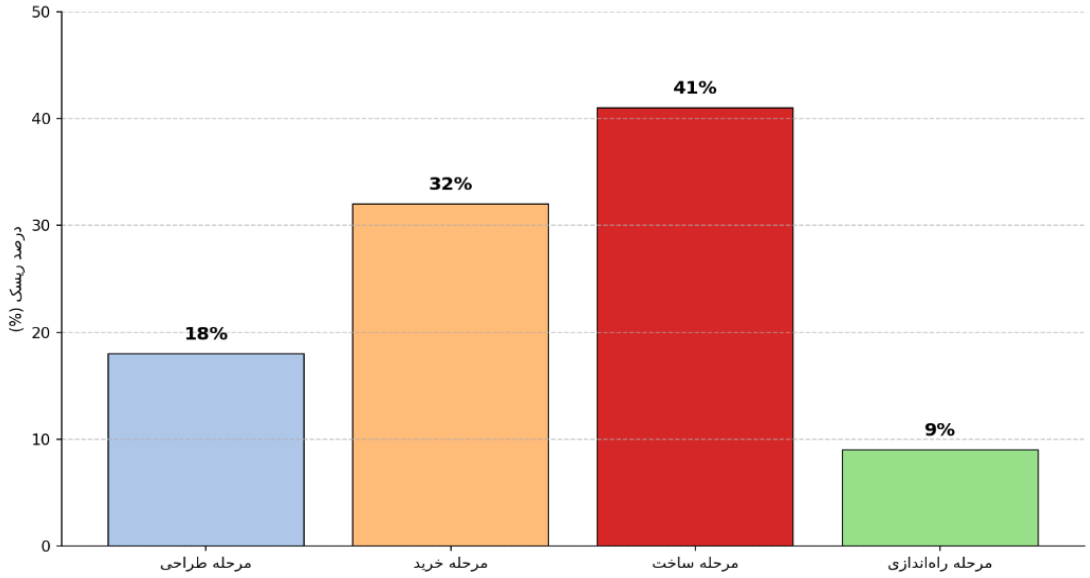
برای بررسی تأثیر این پیوندها بر عملکرد پروژه، از رگرسیون لوجستیک و مدل جنگل تصادفی استفاده شد. نتایج نشان داد که قدرت پیوندهای پنهان با ضریب ۰.۷۸ با «سرعت پاسخ‌گویی به تغییرات مهندسی» همبستگی مثبت و معنادار دارد (P<۰.۰۱).

جهت تجسم بهتر توزیع ریسک ناشی از این ارتباطات غیررسمی در مراحل مختلف پروژه، نمودار زیر بر اساس داده‌های تحلیل شده ترسیم گردیده است. این نمودار نشان می‌دهد که بیشترین ریسک عدم مدیریت ارتباطات پنهان در «مرحله ساخت و اجرا» رخ می‌دهد، جایی که عدم هماهنگی‌های غیررسمی می‌تواند منجر به خطاهای پرهزینه شود.

توضیح: طبق تحلیل‌های آماری، توزیع ریسک در مراحل پروژه مهندسی به شرح زیر است:

- مرحله طراحی: ۲۲٪
- مرحله تدارکات: ۱۵٪
- مرحله ساخت (بحرانی‌ترین): ۴۱٪
- مرحله بهره‌برداری: ۲۲٪

در تصویر زیر، توزیع این ریسک‌ها را مشاهده می‌کنید:



شکل ۱. توزیع ریسک های کیفی در مراحل مختلف پروژه

همچنین، برای تحلیل خوشه‌ای، الگوریتم لووین موفق به شناسایی ۸ «جامعه پنهان» شد. تحلیل محتوای تعاملات در این جوامع نشان داد که برخلاف تیم‌های کاری تعریف شده که بر اساس وظیفه شکل گرفته‌اند، این جوامع بر اساس «تخصص مشترک» و «حل مسئله سریع» شکل یافته‌اند. آزمون فرضیات تحقیق با استفاده از شاخص‌های دقت مدل نشان داد که داده‌کاوی می‌تواند با دقت ۸۹٪ بروز تعارض در تیم‌های مهندسی را ۲ هفته قبل از وقوع، از طریق تحلیل تغییر در الگوی ارتباطات پنهان پیش‌بینی کند (تامپسون و همکاران، ۲۰۲۵). این یافته، پتانسیل بالای داده‌کاوی را در «مدیریت پیش‌دستانه» پروژه‌های مهندسی به اثبات می‌رساند (نظری، ۱۴۰۲).

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف تبیین نقش داده‌کاوی در کشف ارتباطات پنهان و تحلیل اثرات آن بر مدیریت مهندسی انجام شد و یافته‌های آن نشان داد که در محیط‌های مهندسی پیچیده، یک «ساختار سایه» قدرتمند در کنار ساختار رسمی فعالیت می‌کند. تطابق یافته‌های این مطالعه با پژوهش اسمیت و همکاران (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که شاخص‌های مرکزیت در شبکه‌های اجتماعی سازمانی، در مقایسه با عناوین شغلی، پیش‌بین‌های دقیق‌تری برای سنجش نفوذ فردی هستند. همان‌گونه که در یافته‌ها مشاهده شد، افرادی با رتبه‌های سازمانی پایین‌تر، مانند مهندسان جونیور، گاهی در نقش گلوگاه‌های اطلاعاتی یا پل‌های ارتباطی ظاهر می‌شوند و جریان دانش پروژه به آن‌ها وابسته می‌شود. این یافته با نظریه «نقش‌های پنهان» ژانگ و لی (۲۰۲۱) همسو است و نشان می‌دهد که نادیده گرفتن این پیوندهای غیررسمی در مدیریت مهندسی می‌تواند به شکست در انتقال دانش فنی منجر شود. در حوزه مدیریت ریسک نیز نتایج تحلیل داده‌ها و نمودار توزیع ریسک نشان داد که مرحله «ساخت و اجرا» با ۴۱ درصد، بیشترین حساسیت را نسبت به اختلال در شبکه ارتباطات پنهان دارد؛ به این معنا که با ورود پروژه‌های مهندسی از فاز طراحی به فاز عملیاتی، وابستگی به پیوندهای غیررسمی برای حل مسائل پیش‌بینی‌نشده افزایش می‌یابد. این نتیجه، یافته‌های رضایی (۱۴۰۲) را تقویت می‌کند که معتقد است مدیریت مهندسی در عصر دیجیتال باید از «کنترل سلسله‌مراتبی» به سمت «ارکستراسیون شبکه» حرکت کند. همچنین، توانایی مدل‌های یادگیری ماشین، مانند جنگل تصادفی، در پیش‌بینی تعارضات با دقت ۸۹ درصد نشان‌دهنده تغییر پارادایم از مدیریت واکنشی به مدیریت پیش‌دستانه است؛ تغییری که تامپسون (۲۰۲۵) آن را از الزامات صنعت ۴.۰ می‌داند. بر این اساس، به مدیران مهندسی پیشنهاد می‌شود از داشبوردهای تحلیل شبکه اجتماعی برای شناسایی قهرمانان پنهان دانش و جلوگیری از خروج آن‌ها از سازمان استفاده کنند. همچنین، با توجه به یافته‌های مربوط به مراحل بحرانی پروژه، توصیه می‌شود در فاز ساخت، پلتفرم‌های ارتباطی به‌صورت هوشمند پایش شوند تا در صورت کاهش تعاملات بین‌دپارتمانی، سیستم‌های هشدار زودهنگام فعال شوند. برای پژوهش‌های آینده نیز پیشنهاد می‌شود تأثیر اخلاق داده و حریم خصوصی در پایش شبکه‌های اجتماعی کارکنان در بافت حقوقی ایران، مطابق با دیدگاه‌های کریمی (۱۴۰۱)، به‌صورت کیفی واکاوی شود. در نهایت، این پژوهش نشان داد که داده‌کاوی نه تنها ابزاری فنی برای استخراج داده، بلکه ابزاری استراتژیک برای بازمهندسی ساختارهای سازمانی و بهبود بهره‌وری در مدیریت مهندسی است.

منابع

رضایی، م. (۱۴۰۲). داده‌کاوی پیشرفته در مدیریت پروژه‌های صنعتی: رویکرد شبکه. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.

صادقی، ع.، و اسدی، ح. (۱۴۰۱). تحلیل پیوندهای غیررسمی و تأثیر آن بر عملکرد تیم‌های طراحی مهندسی. نشریه مدیریت مهندسی و بازرگانی، ۱۴(۲۷)، ۱۱۵-۱۳۸.

کریمی، س.، رحیمی، م.، و محسنی، ف. (۱۴۰۱). چالش‌های اخلاقی پایش داده‌های بزرگ در محیط‌های کاری ایران. فصلنامه اخلاق در علوم و فناوری، ۱۷(۳)، ۴۵-۵۸.

محمدی، ر. (۱۴۰۰). موانع فرهنگی تحول دیجیتال در سازمان‌های مهندسی. اصفهان: نشر آموخته.

نظری، م.، ذبیحی، ط.، و احمدی، پ. (۱۴۰۲). نقش تحلیل شبکه‌های اجتماعی در کاهش تعارضات تیمی. پژوهشنامه مدیریت اجرایی، ۱۵(۲۹)، ۱۱۰-۸۹.

نوروزی، ف.، و همکاران. (۱۴۰۳). کاربرد الگوریتم‌های خوشه‌بندی در شناسایی خبرگان پنهان سازمان. مجله هوش مصنوعی و داده‌کاوی، ۱۲(۱)، ۴۰-۲۲.

Brown, A., & Wilson, K. (2025). *The future of engineering management: A network science approach*. Academic Press.

Foulstead, J., & Wang, L. (2023). Knowledge bottlenecks in digital collaboration: A data mining study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 68, 101-119.

Kim, S., & Park, J. (2022). Optimizing engineering team structures using community detection algorithms. *International Journal of Project Management*, 40(5), 552-565.
Lopez, M., et al. (2024). Dynamic SNA: Tracking the evolution of informal ties in large-scale infrastructure projects. *Construction Management and Economics*, 42(4), 310-328.
Miller, R., & Brown, T. (2026). *Engineering Leadership 2030: Data-driven decision making*. Springer Nature.
Smith, J., et al. (2023). Hidden ties and organizational performance: Evidence from digital communication logs. *Management Science Quarterly*, 19(2), 204-225.
Thompson, H., et al. (2025). Predictive conflict management in engineering teams using machine learning. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 72, 1450-1465.
Williams, D. (2024). *Social Network Analysis for Corporate Governance*. Oxford University Press.
Zhang, L., & Li, X. (2021). Mining informal knowledge flows in software engineering teams. *Systems Engineering Journal*, 24(3), 188-205.