فصلنامه رویکردهای نوین در مهندسی صنایع و مدیریت
www.iem-science.ir
سال سوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴

کاربرد بانک اطلاعاتی در تحلیل داده‌های سیستم‌های مهندسی

هلیا صالحی[۱]، آناهیتا بیضایی[۱و*]، کیمیا صمیمی[۱]
[۱و*]گروه مهندسی صنایع، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
anahitabeizaii@gmail.com

چکیده
این پژوهش با تمرکز بر مفهوم پایگاه‌های داده (بانک‌های اطلاعاتی) و فناوری‌های مرتبط، به بررسی جامع کاربرد آن‌ها در تحلیل داده‌های سیستم‌های مهندسی می‌پردازد. هدف اصلی، تبیین نقش پایگاه‌های داده در ارتقای دقت مدل‌سازی، بهبود قابلیت ردیابی داده‌ها و تسهیل فرآیند تصمیم‌گیری در پروژه‌های مهندسی است. علاوه بر این، اهمیت ساختارمند کردن داده‌ها جهت پشتیبانی از تحلیل‌های پیشرفته نظیر یادگیری ماشین، تحلیل‌های آماری و مدل‌سازی پیش‌بینانه مورد واکاوی قرار گرفته است. روش پژوهش حاضر از نوع کاربردی-تحلیلی و مبتنی بر مطالعه سیستماتیک منابع علمی، تحلیل تطبیقی ویژگی‌های پایگاه‌های داده رابطه‌ای و غیررابطه‌ای و بررسی کاربرد عملیاتی آن‌ها در حوزه‌هایی مانند سیستم‌های نظارتی و گردآوری داده، سامانه‌های تولید هوشمند، طراحی و مهندسی به کمک کامپیوتر و تحلیل داده‌های حسگر است. همچنین جهت ملموس‌سازی یافته‌ها، چند مطالعه موردی صنعتی در زمینه تأثیر ساختار داده‌ای مناسب بر کیفیت تحلیل‌ها مرور شده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که به‌کارگیری هدفمند پایگاه‌های داده موجب بهبود چشمگیر در سرعت پردازش، حفظ یکپارچگی داده‌ها و افزایش قابلیت تفسیر نتایج تحلیلی می‌شود. فناوری‌های نوین پایگاه داده (مانند NoSQL[۱]، گرافی و سامانه‌های ابری) با فراهم آوردن امکان مدیریت داده‌های حجیم و ناهمگون، زیرساخت لازم را برای تحلیل‌های پیچیده مهندسی مهیا می‌سازند. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که پیاده‌سازی پایگاه‌های داده پویا و منسجم، پیش‌نیاز اساسی توسعه سیستم‌های مهندسی هوشمند و تصمیم‌گیری‌های داده‌محور در صنایع مدرن محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: پایگاه داده، سیستم‌های مهندسی، مهندسی صنایع، تحلیل داده‌های صنعتی، کلان‌داده، سیستم‌های تولید هوشمند.

[Downloaded from www.iem-science.ir on 2026-11-08]

[۱] Not only SQL

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد شتابان فناوری و گسترش سیستم‌های مهندسی در مقیاس صنعتی، موجب افزایش تصاعدی و بی‌سابقه حجم داده‌های تولیدشده در مراحل طراحی، برنامه‌ریزی، نظارت، کنترل و بهینه‌سازی شده است (Chen et al., 2014؛ Haider, 2015 & Gandomi). این داده‌ها که از منابع متعدد و ناهمگونی همچون خطوط تولید، سیستم‌های مدیریت عملیات، سامانه‌های کنترل کیفیت، حسگرهای بلادرنگ و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مهندسی گردآوری می‌شوند، تنها زمانی می‌توانند مبنای تحلیل و تصمیم‌گیری علمی قرار گیرند که به‌درستی ذخیره‌سازی، سازمان‌دهی و یکپارچه شوند. در این میان، پایگاه‌های داده به‌عنوان زیرساخت اصلی مدیریت اطلاعات، نقش بنیادینی در تبدیل داده‌های خام و پراکنده به دانش کاربردی و قابل اتکا در سیستم‌های مهندسی ایفا می‌کنند (Navathe, 2020 & Elmasri؛ Date, 2019).

یکی از حوزه‌های علمی که وابستگی عمیقی به تحلیل داده و مدیریت ساخت‌یافته اطلاعات دارد، مهندسی صنایع است. در این رشته، تصمیم‌گیری‌ها در مقیاس سازمانی از برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی گرفته تا زمان‌بندی عملیات، تحلیل بهره‌وری، مهندسی کیفیت و مدیریت زنجیره تأمین همگی نیازمند دسترسی سریع و دقیق به داده‌های معتبر هستند (Turban et al., 2018؛ Harris, 2007 & Davenport). استقرار یک پایگاه داده مناسب، امکان گردآوری منسجم داده‌های مرتبط با عملکرد فرآیندها، نرخ خرابی تجهیزات، شاخص‌های کیفیت، زمان‌های توقف عملیاتی و سوابق سفارش‌ها را فراهم ساخته و بستری یکپارچه برای تحلیل‌های کمی و کیفی در سطح صنعت ایجاد می‌کند (Laudon, 2020 & Laudon). بدون وجود چنین زیرساختی، پیاده‌سازی ابزارهای پیشرفته مهندسی صنایع مانند برنامه‌ریزی ریاضی، شبیه‌سازی کامپیوتری، داده‌کاوی و مدل‌های تصمیم‌گیری عملاً با محدودیت مواجه خواهد شد (Shmueli et al., 2020).

از سوی دیگر، توسعه فناوری‌های نوین داده‌ای سبب شده است که سیستم‌های مدیریت پایگاه داده از قالب سنتی خود فراتر رفته و برای کاربردهای نوین مهندسی به‌ویژه در صنایع نسل چهارم قابلیت‌های پیشرفته‌تری ارائه دهند. اگرچه پایگاه‌های داده رابطه‌ای به دلیل ساختار منسجم و حفظ سازگاری داده‌ها هنوز در بسیاری از سامانه‌های سازمانی کاربرد دارند (Date, 2019)، اما امروزه از پایگاه‌های داده گرافی و سامانه‌های ابری به عنوان گزینه‌هایی کارآمد برای ذخیره‌سازی داده‌های حجیم و نیمه‌ساختارمند مطرح شده‌اند (Inmon et al., 2018؛ Valduriez, 2020 & Özsu). این داده‌ها که از حسگرهای اینترنت اشیا و جریان‌های تولید پیوسته حاصل می‌شوند، بستر تغییر پارادایم مهندسی صنایع از رویکردهای سنتی به سمت تحلیل‌های پیش‌بینانه و بهینه‌سازی بلادرنگ را فراهم ساخته‌اند (Chen et al., 2012؛ Marr, 2016).

۲. طرح مسئله و بیان موضوع

با گسترش سیستم‌های صنعتی و اتکای روزافزون تصمیم‌گیری‌ها به داده‌های عملیاتی، چالش اساسی بسیاری از سازمان‌ها، چگونگی استخراج اطلاعات باارزش و قابل اعتماد از میان انبوه داده‌های تولیدشده است .(Turban et al., 2018) داده‌های مهندسی معمولاً از منابع ناهمگونی شامل حسگرهای صنعتی، تجهیزات خودکار، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و سامانه‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی حاصل می‌شوند .(Laudon & Laudon, 2020) تنوع در فرمت، سرعت تولید و حجم این داده‌ها، فرآیند ذخیره‌سازی، یکپارچه‌سازی و تحلیل مؤثر آن‌ها را با محدودیت‌های فنی جدی مواجه می‌کند.

در بسیاری از صنایع، علی‌رغم صرف هزینه‌های گزفت برای جمع‌آوری داده‌ها، به دلیل نبود زیرساخت مناسب پایگاه داده، بخش عمده‌ای از اطلاعات به صورت جزیره‌ای ذخیره شده و عملاً بلااستفاده می‌مانند (Malpure, 2017 & Bendre؛ Sharma & Singh, 2019). طراحی نادرست یا استفاده از ابزارهای ذخیره‌سازی نامناسب منجر به ناسازگاری داده‌ها و تحلیل‌های نادرست مدیریتی می‌شود (Batini et al., 2009).

بر این اساس، مسئله اصلی پژوهش حاضر تبیین این موضوع است که چگونه و با استفاده از چه نوع معماری‌ها و ساختارهای پایگاه داده (رابطه‌ای، غیررابطه‌ای، گرافی و ابری) می‌توان داده‌های ناهمگون مهندسی را به دارایی‌های اطلاعاتی یکپارچه و قابل تحلیل تبدیل کرد و این فرآیند چه تأثیری بر ارتقای شاخص‌های بهره‌وری و تصمیم‌گیری در سیستم‌های مهندسی دارد.

[Downloaded from www.iem-science.ir on 2026-11-08]

۳. سؤالات پژوهش

جهت پاسخ به مسئله فوق، سؤالات این پژوهش به شرح زیر تدوین شده‌اند:

۱. پایگاه‌های داده چگونه می‌توانند داده‌های پراکنده و متنوع سیستم‌های مهندسی را به‌صورت یکپارچه و منسجم ذخیره، مدیریت و بازیابی کنند؟
۲. استفاده از پایگاه‌های داده چگونه فرآیند تصمیم‌گیری مهندسی را بهبود داده و خطاهای ناشی از داده‌های ناقص یا ناهمگون را کاهش می‌دهد؟
۳. چالش‌ها و محدودیت‌های عملیاتی کلیدی در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت پایگاه داده در محیط‌های صنعتی چیست؟
۴. کدام نوع از ساختارهای پایگاه داده (رابطه‌ای، گرافی یا ابری) بیشترین تناسب را با انواع داده‌های مهندسی (ساختاریافته، نیمه‌ساختاریافته و بلادرنگ) دارد؟
۵. رویکردهای نوین جهت ادغام پایگاه‌های داده سنتی با سیستم‌های اینترنت اشیا و الگوریتم‌های یادگیری ماشین چیست؟
۶. عملکرد پایگاه‌های داده در پردازش تحلیل‌های پیش‌بینانه و تحلیل داده‌های حجیم چگونه بهینه‌سازی می‌شود؟

۴. فرضیات پژوهش

متناظر با سؤالات مطرح‌شده، فرضیات پژوهش به شرح زیر تبیین شده‌اند:

- **فرضیه اول:** استقرار پایگاه‌های داده یکپارچه، موجب کاهش معنی‌دار خطاهای ناشی از داده‌های ناقص و جزیره‌ای در تصمیم‌گیری‌های مهندسی می‌شود.
- **فرضیه دوم:** طراحی استاندارد پایگاه داده سرعت دسترسی، بازیابی و تولید گزارش‌های تحلیلی-مدیریتی را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد.
- **فرضیه سوم:** برای داده‌های ساخت‌یافته و تراکنشی، پایگاه‌های داده رابطه‌ای و برای داده‌های بلادرنگ حسگرها و داده‌های حجیم، ساختارهای غیررابطه‌ای کارایی بالاتری نشان می‌دهند.
- **فرضیه چهارم:** ادغام پایگاه‌های داده ابری با تجهیزات مبتنی بر اینترنت اشیا، دقت و سرعت تحلیل‌های پیش‌بینانه را بهبود می‌بخشد.

۵. پیشینه پژوهش و مرور ادبیات

سیر تحول به‌کارگیری سیستم‌های مدیریت داده در مهندسی و صنایع را می‌توان در ۵ دوره زمانی مورد تحلیل قرار داد:

- دهه ۱۹۸۰ (پیدایش پایگاه‌های داده رابطه‌ای): با ورود رایانه‌های صنعتی به کارخانه‌ها، نیاز به ذخیره‌سازی ساخت‌یافته احساس شد. در این دهه، مدل رابطه‌ای معرفی‌شده توسط "کاد" مبنای کار قرار گرفت. مطالعات اولیه بر نرمال‌سازی داده‌ها، کاهش افزونگی و استانداردسازی کوئری‌ها جهت مدیریت داده‌های اداری و مالی کارخانه‌ها تمرکز داشتند(Date, 2019)؛(Elmasri & Navathe, 2020).
- دهه ۱۹۹۰ (توسعه سیستم‌های یکپارچه سازمانی): با توسعه نرم‌افزارهای CAD/CAE و سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی و سیستم‌های اجرای تولید، حجم داده‌ها افزایش یافت. پژوهشگران در این دوره بر چگونگی یکپارچه‌سازی داده‌های طراحی مهندسی با داده‌های تولید متمرکز شدند و نشان دادند عدم ارتباط پایگاه‌های داده طراحی و تولید، زمان عرضه محصول به بازار را طولانی‌تر می‌کند(Özsu & Valduriez, 2020).
- دهه ۲۰۰۰ (پیچیدگی سیستم‌ها و نیاز به پایگاه‌های داده توزیع‌شده): با رشد اتوماسیون صنعتی و خطوط مونتاژ خودکار، تولید داده شتاب گرفت. مطالعات این دهه بر یکپارچه‌سازی سیستم‌های اطلاعات مدیریت زنجیره تأمین (SCM) و مدیریت رابطه با مشتری (CRM) معطوف شد. چالش‌های مربوط به سرعت پایین کوئری‌های پیچیده در

[Downloaded from www.iem-science.ir on 2026-11-08]

پایگاه‌های داده رابطه‌ای بزرگ، توجه پژوهشگران را به پایگاه‌های داده توزیع‌شده جلب کرد (Özsu & Valduriez, 2020).

- دهه ۲۰۱۰ (انقلاب کلان‌داده و ظهور NoSQL): با ظهور فناوری اینترنت اشیا و حسگرهای صنعتی، حجم عظیمی از داده‌های غیرساختاریافته و بلادرنگ تولید شد. پایگاه‌های داده رابطه‌ای توانایی پردازش این حجم از داده‌های سریع را نداشتند. در این دوران، پایگاه‌های داده NoSQL (مانند Cassandra و MongoDB) و تکنولوژی‌های پردازش توزیع‌شده (مانند Hadoop) معرفی شدند و پژوهش‌ها به سمت تحلیل داده‌های حسگرها و پایش وضعیت پیش رفت(Chen et al., 2014)؛(Gandomi & Haider, 2015).
- سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ (عصر هوشمندسازی و پایگاه‌های داده ابری): در سال‌های اخیر و با مطرح شدن نسل چهارم صنعت، تمرکز پژوهش‌ها بر ادغام پایگاه‌های داده ابری، سیستم‌های فیزیکی-سایبری و الگوریتم‌های یادگیری ماشین قرار گرفته است. مطالعات نشان می‌دهند که بهره‌گیری از پایگاه‌های داده گرافی و انبارهای داده مدرن بستر اصلی پیاده‌سازی دوقلوهای دیجیتال و سیستم‌های خودکار تصمیم‌گیر در مهندسی صنایع است(Inmon et al., 2018؛Linstedt & Olschimke, 2015).

شکاف‌های پژوهشی موجود:

با وجود مطالعات گسترده، هنوز شکاف‌های مهمی در ادبیات موضوع به چشم می‌خورد:

۱. فقدان یک چارچوب استاندارد و جامع برای انتخاب نوع پایگاه داده متناسب با ماهیت فرآیندهای مختلف مهندسی صنایع

۲. چالش‌های فنی مربوط به ادغام سیستم‌های موروثی و پایگاه‌های داده قدیمی صنعتی با ساختارهای ابری و اینترنت اشیا مدرن

۳. کمبود مدل‌های عملیاتی برای تضمین کیفیت داده‌ها و پاک‌سازی بلادرنگ داده‌های حسگرهای صنعتی پیش از تحلیل

۶. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، **کاربردی** و از نظر ماهیت و روش، **توصیفی-تحلیلی** است که با استفاده از رویکرد آمیخته (کمی و کیفی) انجام می‌پذیرد.

- **جامعه و نمونه آماری:** جامعه آماری پژوهش شامل شرکت‌ها و واحدهای تولیدی و خدماتی است که از سیستم‌های اطلاعاتی و پایگاه‌های داده جهت مدیریت فرآیندهای مهندسی استفاده می‌کنند. با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند، تعداد ۵۰ تا ۷۰ واحد صنعتی (شامل صنایع خودروسازی، قطعه‌سازی، صنایع فرآیندی و زنجیره‌های توزیع) به عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند که امکان دسترسی به داده‌های عملیاتی و مصاحبه با مدیران فناوری اطلاعات و مهندسی صنایع آن‌ها میسر بوده است.
- **روش‌های گردآوری داده‌ها:** روش اسنادی (کتابخانه‌ای): فیش‌برداری و تحلیل مقالات معتبر و استانداردهای مدیریت داده. روش میدانی: طراحی پرسشنامه تخصصی بر مبنای طیف لیکرت جهت سنجش شاخص‌های کیفیت داده، سرعت تصمیم‌گیری و بهبود فرآیندها. همچنین، برگزاری مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان حوزه مهندسی صنایع و سیستم‌های اطلاعاتی جهت شناسایی چالش‌های عملیاتی پیاده‌سازی

۷. تحلیل داده

جهت تحلیل داده‌های کمی از روش‌های آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار) و آمار استنباطی (آزمون‌های t تک‌نمونه‌ای، ANOVA جهت مقایسه عملکرد انواع پایگاه داده، و تحلیل رگرسیون جهت بررسی تأثیر کیفیت پایگاه داده بر سرعت تصمیم‌گیری مدیریتی) استفاده شده است. جهت تحلیل داده‌های کیفی حاصل از مصاحبه‌ها، روش تحلیل تماتیک (تحلیل مضمون) به کار گرفته شده است.

[Downloaded from www.iem-science.ir on 2026-11-08]

پژوهش حاضر به واکاوی عمیق جایگاه پایگاه‌های داده در بهبود تحلیل‌های مهندسی با تمرکز بر مهندسی صنایع پرداخت. نتایج نشان داد که ارتقای سیستم‌های سنتی به پایگاه‌های داده یکپارچه، صرفاً یک ارتقای سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری ساده نیست، بلکه یک تصمیم راهبردی است که مستقیماً بر شاخص‌های کلیدی عملکرد سازمان تأثیرگذار است.

۸. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج پژوهش نشان داد که استقرار پایگاه داده منسجم منجر به کاهش جزیره‌های اطلاعاتی و افزایش دقت تحلیل‌های مهندسی می‌شود (Turban et al., 2018). همچنین سرعت دسترسی مهندسان به داده‌های عملیاتی در سازمان‌هایی که از معماری داده مناسب استفاده می‌کنند افزایش می‌یابد (Laudon, 2020 & Laudon).

این پژوهش نشان داد که معماری‌های ترکیبی شامل پایگاه‌های داده رابطه‌ای و غیررابطه‌ای برای محیط‌های صنعتی کارآمدتر هستند همچنین ارتباط معناداری بین استقرار معماری داده بهینه و ارتقای کیفیت برنامه‌ریزی تولید و مدیریت زنجیره تأمین مشاهده شد .

از منظر کاربردی، پیشنهاد می‌شود صنایع به سمت استفاده از معماری‌های داده مدرن حرکت کنند و چارچوب‌های حاکمیت داده را جهت تضمین کیفیت داده‌ها پیاده‌سازی نمایند (Batini et al., 2009).

پیشنهادهای کاربردی برای بخش صنعت:

- به صنایع بزرگ پیشنهاد می‌شود که فرآیند مهاجرت از سیستم‌های ذخیره‌سازی سنتی و فایل‌محور به سمت پایگاه‌های داده مدرن ترکیبی (رابطه‌ای و غیررابطه‌ای) را آغاز نمایند.
- تدوین استانداردهای مشخص برای حاکمیت داده و تعیین متولی داده در سازمان‌های صنعتی جهت تضمین کیفیت داده‌ها امری حیاتی است.
- سرمایه‌گذاری بر روی آموزش مهندسان صنایع در زمینه مهندسی داده و زبان‌های پرس‌وجو جهت پر کردن شکاف بین تیم‌های مهندسی و فناوری اطلاعات پیشنهاد می‌شود.

مراجع

1. Batini, C., Cappiello, C., Francalanci, C., & Maurino, A. (2009). Methodologies for data quality assessment and improvement. *ACM Computing Surveys*, 41(3), 16:1–16:52.
2. Bendre, M., & Malpure, S. (2017). Role of database systems in industrial data analytics. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 6(9), 12–21.
3. Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165–1188.
4. Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171–209.
5. Date, C. J. (2019). *Database design and relational theory: Normal forms and all that jazz*. O'Reilly Media.
6. Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2007). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business Review Press.
7. Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2020). *Fundamentals of database systems* (7th ed.). Pearson.
8. Gandomi, A., & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2), 137–144.
9. Inmon, W. H. (2005). *Building the data warehouse* (4th ed.). Wiley.
10. Inmon, W. H., Strauss, D., & Neushloss, G. (2018). *DW 2.0: The architecture for the next generation of data warehousing*. Morgan Kaufmann.
11. Jarke, M., Lenzerini, M., Vassiliou, Y., & Vassiliadis, P. (2003). *Fundamentals of data warehouses*. Springer.
12. Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). Pearson.
13. Linstedt, D., & Olschimke, M. (2015). *Data vault 2.0: Unlocking the potential of business intelligence*. Morgan Kaufmann.
14. Marr, B. (2016). *Big data in practice: How 45 successful companies used big data analytics to deliver extraordinary results*. Wiley.
15. Özsu, M. T., & Valduriez, P. (2020). *Principles of distributed database systems* (4th ed.). Springer.

[Downloaded from www.iem-science.ir on 2026-11-08]

16. Ranjan, J. (2009). Business intelligence: Concepts, components, techniques and benefits. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 9(1), 60–70.
17. Sharma, S., & Singh, R. (2019). Application of database management systems in engineering industry. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 10(3), 45–53.
18. Shmueli, G., Bruce, P. C., Gedeck, P., & Patel, N. R. (2020). *Data mining for business analytics: Concepts, techniques, and applications in Python*. Wiley.
19. Turban, E., Sharda, R., Delen, D., & King, D. (2018). *Business intelligence, analytics, and data science: A managerial perspective*. Pearson.
20. Wixom, B. H., Yen, B., & Relich, M. (2013). Maximizing value from business analytics. *MIS Quarterly Executive*, 12(2), 111–123.

[Downloaded from www.iem-science.ir on 2026-11-08]