

Designing a Pricing Decision Support Model for Mass Production Companies in Quasi-Monopoly Conditions Using Data Mining Methods

Mehdi Jahangiri

PhD Student in Industrial Engineering (Macro Systems), Faculty of Industrial Engineering, University of Eyvanekey, Eyvanekey, Iran.

Ali Mohammad Ahmadvand*

Professor, Department of Industrial Engineering, University of Eyvanekey, Eyvanekey, Iran.

Mohsen Ahmadvand

Assistant Professor, Department of Industrial and Entrepreneurship, Shahed University, Tehran, Iran.

Abstract

In mass production industries operating in quasi-monopoly markets, the lack of transparent price data, cost fluctuations, and limited competition make the pricing process of products seriously complex. This study aims to provide a pricing decision support model, and uses a combined approach based on data mining and qualitative analysis. The quantitative data includes 136,590 production records from the data warehouse of mass production companies, and in the qualitative part, interviews with 15 industry experts were used to identify the characteristics affecting pricing. In the quantitative part, after descriptive and correlation analysis, three clustering algorithms, K-Means, DBSCAN, and hierarchical clustering, were evaluated, with K-Means performing best with a silhouette score of 0.65 and identifying four distinct product clusters. Then, association rules were extracted using Apriori and FP-Growth algorithms to reveal hidden patterns between production characteristics and cost behaviors. To validate the findings, supplementary interviews were conducted with 10 experts, which led to the confirmation of clusters and the selection of appropriate pricing strategies including value-based, penetration, custom, and cost-based. Finally, a comprehensive pricing decision support model was developed based on a combination of data-driven analysis and expert judgment. The results show that this approach can reveal hidden patterns in production data and provide a practical basis for pricing in complex and competitively constrained conditions.

Keywords: Data mining, clustering, association rules, pricing, quasi-monopoly market, mass production industries, managerial decision making

How to Cite: Jahangiri, M. , Ahmadvand, A. M. and Ahmadvand, M. (2026). Designing a Pricing Decision Support Model for Mass Production Companies in Quasi-Monopoly Conditions Using Data Mining Methods. Journal of Intelligent Strategic Management .5(3), 153-190.

doi: 10.87453/bumara.2026.372301.4714



Intelligent Strategic Management (JISM) in Development and Evolution is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

© Authors

* Corresponding Author: a.ahmadvand@eyc.ir

طراحی مدل پشتیبانی از تصمیم قیمت گذاری محصولات شرکت های تولید انبوه در شرایط شبه انحصاری با استفاده از روش های داده کاوی

مهدی جهانگیری

دانشجو دکتری مهندسی صنایع گرایش سیستم های کلان، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه غیر انتفاعی ایوانکی، ایوانکی، ایران.

علی محمد احمدوند*

استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه غیرانتفاعی ایوانکی، ایوانکی، ایران.

محسن احمدوند

استادیار، گروه مدیریت صنعتی و کارآفرینی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

چکیده

در صنایع تولید انبوه فعال در بازارهای شبه انحصاری، نبود داده های قیمتی شفاف، نوسانات هزینه ها و محدودیت رقابت، فرایند قیمت گذاری محصولات را با پیچیدگی های جدی مواجه می کند. این پژوهش با هدف ارائه یک مدل پشتیبان تصمیم گیری قیمت گذاری، رویکردی ترکیبی مبتنی بر داده کاوی و تحلیل کیفی را به کار گرفته است. داده های کمی شامل ۱۳۶۵۹۰ رکورد تولیدی از انبار داده شرکت های تولید انبوه بوده و در بخش کیفی نیز از مصاحبه با ۱۵ خبره صنعت برای شناسایی ویژگی های مؤثر بر قیمت گذاری استفاده شده است. در بخش کمی، پس از تحلیل توصیفی و همبستگی، سه الگوریتم خوشه بندی K-Means، DBSCAN و خوشه بندی سلسله مراتبی ارزیابی شد که K-Means با امتیاز سیلونت ۰٫۶۵، بهترین عملکرد را داشته و چهار خوشه متمایز محصول را شناسایی کرد. سپس قواعد انجمنی با استفاده از الگوریتم های Apriori و FP-Growth استخراج شد تا الگوهای پنهان میان ویژگی های تولید و رفتارهای هزینه ای آشکار شود. برای اعتبارسنجی یافته ها، مصاحبه های تکمیلی با ۱۰ خبره انجام شد که منجر به تأیید خوشه ها و انتخاب استراتژی های مناسب قیمت گذاری شامل ارزش محور، نفوذی، سفارشی و مبتنی بر هزینه گردید. در نهایت، مدل جامع پشتیبان تصمیم گیری قیمت گذاری با اتکا بر ترکیب تحلیل داده محور و قضاوت خبرگان تدوین شد. نتایج نشان می دهد این رویکرد می تواند الگوهای نهفته داده های تولیدی را آشکار کرده و مبنایی عملی برای قیمت گذاری در شرایط پیچیده و محدودیت رقابتی فراهم سازد.

کلیدواژه ها: داده کاوی، خوشه بندی، قواعد انجمنی، قیمت گذاری، بازار شبه انحصاری، صنایع تولید انبوه، تصمیم گیری مدیریتی

استناد به این مقاله: جهانگیری، مهدی و احمدوند، علی محمد و احمدوند، محسن . (۱۴۰۵). طراحی مدل پشتیبانی از تصمیم قیمت گذاری محصولات شرکت های تولید انبوه در شرایط شبه انحصاری با استفاده از روش های داده کاوی. مدیریت استراتژیک هوشمند، ۵(۳)، ۱۹۰-۱۵۳.



مدیریت استراتژیک هوشمند (JISM) در توسعه و تکامل تحت مجوز بین المللی کرییتیو کامنز با شرایط انتساب-غیرتجاری ۴٫۰ منتشر می شود.

© نویسندگان

* نویسنده مسئول: a.ahmadvand@eyc.ir

مقدمه

تولید انبوه به عنوان یکی از ستون‌های اصلی صنایع مدرن، نقش تعیین‌کننده‌ای در کارایی، پایداری و رقابت‌پذیری بنگاه‌های صنعتی دارد. این شیوه تولید با اتکا بر استانداردسازی، اتوماسیون و مقیاس‌پذیری، امکان کاهش هزینه و افزایش سرعت تولید را فراهم می‌سازد. با این حال، در اقتصادهایی که با نوسانات شدید قیمت مواد اولیه، تغییرات نرخ ارز و تورم مستمر مواجه هستند، مانند ایران، تعیین بهای تمام‌شده و قیمت‌گذاری محصولات در صنایع تولید انبوه با پیچیدگی‌های قابل توجهی همراه می‌شود. گزارش‌های رسمی مرکز آمار و بانک مرکزی نشان می‌دهد که تورم تولیدکننده در سال‌های اخیر به‌طور بی‌سابقه‌ای افزایش یافته و ساختارهای سنتی حسابداری مدیریت، که بر پایه داده‌های ثابت و شرایط باثبات بازار طراحی شده‌اند، در مواجهه با چنین محیطی دچار ناکارآمدی می‌شوند. در چنین وضعیتی، بنگاه‌های فعال در بازارهای شبه‌انحصاری - بازارهایی که تعداد محدودی از تولیدکنندگان در آن حضور داشته و قدرت تأثیرگذاری بالایی بر قیمت‌ها دارند - نیازمند مدل‌هایی پویا و مبتنی بر داده هستند تا بتوانند از یک‌سو الگوهای واقعی هزینه را در شرایط تورمی شناسایی کنند و از سوی دیگر استراتژی‌های قیمت‌گذاری دقیق، رقابتی و منطبق با واقعیت بازار ارائه دهند. مدل‌های کلاسیک قیمت‌گذاری مانند روش مبتنی بر هزینه یا روش‌های رقابتی، با فرض ثبات اقتصادی و اطلاعات کامل طراحی شده‌اند؛ در حالی که در زیست‌بوم اقتصادی ایران، این فرض‌ها برقرار نیست و همین مسئله موجب شکل‌گیری شکاف نظری و کاربردی در حوزه قیمت‌گذاری محصولات صنعتی شده است.

در سال‌های اخیر، پیشرفت فناوری اطلاعات و توسعه سیستم‌های کنترل تولید، همراه با قدرت تحلیل داده‌کاوی و یادگیری ماشین، فرصت جدیدی برای شناسایی الگوهای نهفته هزینه و استخراج بینش‌های قابل‌اتکا از داده‌های عملیاتی کارخانه‌ها فراهم کرده است. سیستم‌های کنترل تولید با جمع‌آوری دقیق داده‌های مربوط به عملیات، مواد اولیه، نیروی انسانی و کیفیت، بستری مناسب برای تحلیل‌های پیشرفته فراهم می‌آورند. ترکیب این داده‌ها با روش‌های داده‌کاوی - به‌ویژه الگوریتم‌های خوشه‌بندی بدون نظارت - می‌تواند تصویری دقیق‌تر، پویا و واقع‌بینانه از رفتار هزینه‌ها، سودآوری محصولات، تغییرات سبد تولید و اثرات تورم ارائه دهد؛ تصویری که در سیستم‌های سنتی حسابداری وجود ندارد یا با تأخیر فراوان به دست می‌آید.

چالش‌هایی همچون تغییر ارزش موجودی‌ها در اثر تورم، تفاوت قیمت خرید مواد در بازه‌های زمانی مختلف، تأخیر در گزارش‌دهی، سهم‌بندی نادرست سربار، و حتی برداشت‌های متفاوت از مفهوم استهلاک در اقتصاد تورمی ایران، موجب شده بسیاری از تصمیمات مدیریتی در صنایع تولید انبوه بر پایه اطلاعات ناقص یا غلط اتخاذ شود و در نتیجه سودآوری شرکت‌ها و تاب‌آوری آنها در برابر نوسانات کاهش یابد. تجربه عملی در کارخانه‌های ایرانی نشان می‌دهد که عدم دسترسی به مدل‌های دقیق، پویا و مبتنی بر داده در زمینه قیمت‌گذاری می‌تواند به کاهش مزیت رقابتی، کاهش نقدینگی، یا توقف خطوط تولید منجر شود.

از این رو، ضرورت توسعه یک مدل نوآورانه که بتواند با اتکا به داده‌های واقعی سیستم‌های کنترل تولید و روش‌های داده‌کاوی، الگوهای نهفته هزینه و قیمت‌گذاری را کشف کرده و ابزار تصمیم‌یار قابل اتکا برای مدیران ارائه دهد، بیش از پیش احساس می‌شود. این مدل می‌تواند علاوه بر افزایش دقت قیمت‌گذاری، به بهینه‌سازی سبد محصولات، پیش‌بینی اثرات تورم، افزایش سودآوری، و ارتقای تاب‌آوری شرکت‌ها در بازارهای شبه‌انحصاری کمک کند.

در این مقاله تلاش می‌شود با بررسی چالش‌های موجود در محاسبه بهای تمام‌شده و قیمت‌گذاری در صنایع تولید انبوه، تبیین محدودیت‌های مدل‌های سنتی، و بهره‌گیری از توان علمی داده‌کاوی و سیستم‌های کنترل تولید، مدلی کاربردی و قابل اجرا برای تصمیم‌گیری قیمت‌گذاری ارائه شود. این مدل می‌تواند به‌خلاف موجود در ادبیات، به‌ویژه در زمینه اقتصادهای تورمی و بازارهای شبه‌انحصاری، پاسخ داده و ابزار عملیاتی جدیدی برای مدیران و سیاست‌گذاران صنعتی فراهم آورد.

پیشینه تحقیق

این بخش به بررسی نظام‌مند پیشینه پژوهش در حوزه‌های مرتبط با قیمت‌گذاری محصولات شرکت‌های تولید انبوه در شرایط شبه‌انحصاری و تورمی با بهره‌گیری از داده‌کاوی می‌پردازد. مطالعات مرور شده، طیفی از موضوعات شامل سیستم‌های کنترل تولید و سیستم‌های اجرای تولید (MES)، محاسبه بهای تمام‌شده و هزینه‌یابی مبتنی بر فعالیت (ABC)، استراتژی‌های قیمت‌گذاری در صنایع تولید انبوه، کاربرد داده‌کاوی، یادگیری ماشین، خوشه‌بندی، استخراج قواعد انجمنی، قیمت‌گذاری پویا و پشتیبانی تصمیم‌گیری در مدیریت هزینه و قیمت‌گذاری را دربر می‌گیرند؛ به‌ویژه در محیط‌هایی

که ساختار بازار شبه انحصاری و شرایط اقتصاد کلان ناپایدار است. هدف اصلی این مرور، شناسایی رویکردها، یافته‌های کلیدی، کاربردهای عملی و محدودیت‌های پژوهش‌های پیشین و تبیین خلأهایی است که تحقیق حاضر در پی پوشش آن‌هاست.

پیشینه تحقیقات داخلی

تحقیقات داخلی ایران عمدتاً بر چالش‌های عملی صنایع تولیدی در فضای اقتصادی پرنوسان کشور تمرکز داشته و ابعاد مختلفی نظیر ساختار بازار، مدیریت هزینه و اثر عوامل کلان مانند تورم و نوسانات نرخ ارز را بررسی کرده‌اند. با وجود این، ادغام سیستماتیک داده‌کاوی با سیستم‌های کنترل و برنامه‌ریزی تولید برای توسعه مدل‌های پویا و عملیاتی قیمت‌گذاری در صنایع تولید انبوه، هنوز به صورت محدود مورد توجه قرار گرفته است. در حوزه مدیریت هزینه و سیستم‌های بهای تمام‌شده، نیکو، محمدی و بیگ‌زاد (۱۳۸۹) نشان دادند که ویژگی‌های خاص صنعت پتروشیمی مانند پیچیدگی فرآیندها و نوسانات قیمت مواد اولیه بر نحوه به کارگیری سیستم‌های مدیریت هزینه اثرگذار است. این پژوهش اگرچه به شناسایی عوامل محیطی مؤثر بر مدیریت هزینه کمک می‌کند، اما چارچوب عملیاتی مشخصی برای طراحی و پیاده‌سازی سیستم مدیریت هزینه ارائه نمی‌دهد و به یک صنعت خاص محدود است. نشاط و همکاران (۱۳۹۰) با بهره‌گیری از روش‌های داده‌کاوی و تحلیل عاملی در سیستم هزینه‌یابی مبتنی بر فعالیت (ABC) نشان دادند که این ابزارها می‌توانند تعیین محرک‌های هزینه را بهبود دهند و امکان بررسی هم‌زمان چندین محرک را فراهم سازند؛ هرچند تمرکز پژوهش بر صنعت بانکداری بوده و تعمیم آن به صنایع تولیدی نیازمند بررسی بیشتر است. بیورانی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در گروه صنعتی ایران خودرو تبریز، نقش مدیریت سود و نحوه ارتباط با تأمین‌کنندگان را در مدیریت هزینه بررسی کردند و بر ضرورت به کارگیری تکنیک‌های مدیریت هزینه در صنعت خودرو تأکید نمودند، اما مدلی جامع و عملیاتی ارائه نکردند.

در حوزه داده‌کاوی و کاربرد آن در تصمیم‌گیری، کاظمی و بابائی (۱۳۹۲) مدلی مبتنی بر درخت تصمیم برای پیش‌بینی جذب مشتری در مدیریت ارتباط با مشتری (CRM) پیشنهاد کردند که در شناسایی مشتریان بالقوه و هدایت فرآیند فروش مفید است، ولی به طور مستقیم به مسئله قیمت‌گذاری و مدیریت هزینه نمی‌پردازد. غضنفری و بدیعی (۱۳۹۶) با مرور کاربردهای داده‌کاوی در فرآیند تولید، این کاربردها را در چهار دسته تعیین مشخصات و توصیف، پیش‌بینی، دسته‌بندی و خوشه‌بندی طبقه‌بندی کرده و برای هر دسته

مصادیقی در بخش‌های مختلف تولید ارائه نموده‌اند. این مطالعه یک چارچوب نظری ارزشمند برای استفاده از داده‌کاوی در تولید فراهم می‌آورد، اما به طراحی مدل‌های قیمت‌گذاری مبتنی بر داده نمی‌پردازد. قجری و خیرخواه (۱۳۹۷) نیز یک مدل ریاضی غیرخطی مختلط عدد صحیح برای طراحی سیستم‌های تولید سلولی ارائه کرده‌اند که ویژگی‌هایی همچون برنامه‌ریزی تولید پویا، مسیرهای چندگانه و پیکربندی مجدد را در نظر می‌گیرد؛ با این حال، پیوند این ساختارهای تولیدی با تصمیمات قیمت‌گذاری در شرایط عدم اطمینان بررسی نشده است. شیرازی (۱۳۹۸) با ارائه مدلی برای سیستم‌های کنترل تولید صنعتی، بر تشخیص نقاط ضعف و نیازهای سیستم کنترل تولید در یک صنعت مشخص تأکید کرده و راهکارهای عملی برای بهبود کنترل تولید و افزایش دقت محاسبه هزینه‌ها پیشنهاد داده است، اما ادغام این سیستم‌ها با روش‌های پیشرفته داده‌کاوی و مدل‌های قیمت‌گذاری همچنان مغفول مانده است.

گروهی دیگر از پژوهش‌های داخلی به ساختار بازار، قدرت انحصاری و رفتار قیمت در صنایع ایران پرداخته‌اند. خداداد کاشی و همکاران (۱۳۹۳) با بهره‌گیری از رویکرد تغییرات حدسی، قدرت انحصاری ۱۳۱ صنعت ایران را در دوره ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۰ ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که در بخش عمده‌ای از صنایع، قیمت‌ها بالاتر از هزینه نهایی بوده و قدرت بازاری نقش غالب‌تری نسبت به کارایی هزینه در شکل‌گیری انحصار دارد. شهیکی تاش و همکاران (۱۳۹۳) شکاف میان قیمت و هزینه نهایی را در ۲۲ صنعت کارخانه‌ای ایران و چند کشور منتخب مورد مقایسه قرار داده و نشان دادند که این شکاف در برخی صنایع ایران بسیار بالا و در برخی دیگر پایین است؛ با وجود این، به عوامل عملیاتی تعیین‌کننده قیمت و مدیریت هزینه ورود نکرده‌اند. نبی و تاش (۱۳۹۰) نیز الگوهای قیمت‌گذاری در صنایع با درجات مختلف تمرکز را تحلیل کرده و صنایعی با تمرکز بالا و حاشیه سود متفاوت را شناسایی نموده‌اند. این دسته از مطالعات، تصویری نسبتاً روشن از ساختار شبه‌انحصاری در صنایع ایران ارائه می‌دهند، اما پیشنهاد مشخصی برای طراحی مدل‌های قیمت‌گذاری در سطح بنگاه ارائه نمی‌کنند.

در زمینه قیمت‌گذاری محصولات خاص، زارع بیدکی و همکاران (۱۳۹۶) نظام قیمت‌گذاری شیر در ایران را مورد انتقاد قرار داده و نشان داده‌اند که نادیده گرفتن شاخص‌های کیفیتی مانند پروتئین، سلول‌های سوماتیک و دما و نیز روش‌های مقطعی قیمت‌گذاری چربی و بار میکروبی، از مهم‌ترین ضعف‌های روش موجود است. آن‌ها یک

رابطه کلی برای پرداخت مبتنی بر کیفیت ارائه کردند که به بهبود تعامل میان دامداران و کارخانه‌های لبنی کمک می‌کند؛ هرچند نتایج محدود به صنعت لبنیات است. زارع و همکاران (۱۳۸۹) نیز سیاست قیمت‌گذاری پنبه را بررسی کرده و رابطه مثبت بلندمدت بین قیمت سرمرز و قیمت جهانی پنبه را تأیید کرده‌اند، در حالی که برای قیمت داخلی چنین رابطه‌ای مشاهده نشده است.

بخش قابل توجهی از ادبیات داخلی به تحلیل اثر تورم، نوسانات نرخ ارز و سایر متغیرهای کلان بر تورم، رشد اقتصادی، اشتغال و سرمایه‌گذاری اختصاص دارد. پیرایی و پسندیده (۱۳۸۱) اثر متقابل نرخ ارز و تورم را بررسی کرده و نشان داده‌اند که نرخ ارز بازار آزاد بر تورم اثر مثبت داشته و تورم ناشی از کالاهای وارداتی نیز بر نرخ ارز اثرگذار است. دهمرده و کسایی (۱۳۹۰) ریشه‌های تورم در اقتصاد ایران را در دوره ۱۳۳۸ تا ۱۳۸۶ شناسایی کرده و نقش متغیرهایی نظیر رشد نقدینگی، تورم وارداتی، بهره‌وری نیروی کار، دستمزد، نرخ ارز بازار آزاد، شکاف تولید، کسری بودجه و تنگناهای کشاورزی را تبیین نموده‌اند. توکلی و همکاران (۱۳۹۳) اثر نوسانات نرخ ارز بر رشد اقتصادی و تورم را مورد مطالعه قرار داده و یافته‌اند که این نوسانات می‌توانند از یک سو تولید را افزایش و از سوی دیگر تورم را کاهش دهند. ملکی و امامی (۱۳۹۳) نیز اثر منفی و معنادار نوسانات نرخ ارز واقعی بر اشتغال را گزارش کرده و بر اهمیت ثبات ارزی برای حفظ اشتغال تأکید کرده‌اند.

مطالعات دیگری مانند عرب مازار و گلمرادی (۱۳۸۹) به تفکیک منابع واقعی و اسمی نوسانات نرخ ارز و تورم پرداخته، خسروی و اسلاملوئیان (۱۳۹۵) تأثیر رژیم‌های تورمی مختلف بر پویایی تورم و نااطمینانی آن را بررسی کرده و نشان داده‌اند که اثر نااطمینانی بر تورم متناسب با نوع رژیم تورمی تغییر می‌کند. عسکریان و همکاران (۱۳۹۹) رابطه نرخ ارز و شاخص قیمت کالاهای وارداتی و ورزشی را مطالعه کرده و به درجه عبور ناقص نرخ ارز به قیمت واردات دست یافته‌اند. عبدالله‌زاده و زارع (۱۳۹۹) نیز نشان داده‌اند که در شرایط رکود و رونق، انبساط پولی بیشتر موجب تورم می‌شود تا رشد تولید.

در حوزه سرمایه‌گذاری و تولید، دایی کریم‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) عوامل تعیین‌کننده جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در ایران را بررسی کرده و اثر مثبت تولید ناخالص داخلی، درجه بازبودن تجاری و نرخ ارز و اثر منفی فراریت نرخ ارز و قیمت جهانی نفت بر FDI را گزارش کرده‌اند. صالحی صدقیانی (۱۳۸۶) با استفاده از روش ارزش در معرض خطر (VaR) به سنجش ریسک سرمایه‌گذاری در پرتفوی ارزی پرداخته

است. رهبری گنجه و مصطفوی (۱۳۹۶) با ارائه چارچوبی برای توجیه سرمایه گذاری در فناوری های پیشرفته ساخت و تولید، ملاحظات مالی و راهبردی را هم زمان در نظر گرفته اند. بارفروشی و همکاران (۱۳۹۷) با تمرکز بر سیستم های چندحاملی انرژی، مدل زمان بندی تعمیرات منابع تولید را با هدف حداقل سازی هزینه های میان مدت توسعه داده اند. دهقانپور و همکاران (۱۳۹۱) منابع رشد تولید صنایع تولیدی در سطوح مختلف فناوری را شناسایی کرده و نقش برجسته بهره وری کل عوامل تولید را نشان داده اند. رهنمای قراملکی و همکاران (۱۳۹۱) نیز اثر مثبت و معنادار D&R داخلی و واردات تکنولوژی بر ارزش افزوده صنایع بزرگ را گزارش کرده اند. در نهایت، دهقانی (۱۳۹۳) و حسین زاده و همکاران (۱۳۹۳) به ترتیب به نقش شدت تحقیقات و تبلیغات در پویایی رقابت و اثر شدت تجارت بر اشتغال و دستمزد واقعی پرداخته اند.

جمع بندی پیشینه داخلی نشان می دهد که اگرچه تحقیقات متعددی در زمینه مدیریت هزینه، ساختار بازار، تأثیر تورم و نرخ ارز، و به کارگیری داده کاوی در برخی حوزه ها مانند کشف دانش تولید، تعیین محرک هزینه و تحلیل رفتار مشتری انجام شده است، اما: کاربرد داده کاوی، یادگیری ماشین و به ویژه رویکردهای بدون نظارت در طراحی مدل های قیمت گذاری محصولات تولید انبوه، به خصوص در بازارهای شبه انحصاری، بسیار محدود بوده است؛

مطالعات ساختار بازار و قدرت انحصاری عمدتاً توصیفی و کلان بوده و به ارائه مدل های عملیاتی و الگوریتمی برای تعیین قیمت در سطح بنگاه نمی پردازند؛ پیوند منسجم بین هزینه یابی دقیق، سیستم های کنترل و برنامه ریزی تولید و استراتژی های قیمت گذاری، به ویژه در مواجهه با تورم شدید و نوسانات ارزی، به خوبی توسعه نیافته است؛

اثر مستقیم و عملیاتی نوسانات تورمی و ارزی بر مدل های قیمت گذاری در سطح شرکت ها، با رویکرد داده محور و دینامیک، تقریباً مغفول مانده است؛ ارتباط میان سیستم های کنترل و برنامه ریزی تولید (شامل محدودیت ظرفیت، مدیریت موجودی و...) با مدل های قیمت گذاری مبتنی بر داده کاوی، به صورت یکپارچه بررسی نشده است.

با توجه به غالب بودن شرایط شبه انحصاری در بسیاری از صنایع ایران، همان گونه که در مطالعات ساختار بازار نشان داده شده است، نیاز به مدل هایی که به طور مشخص این ساختار

بازار را در نظر گرفته و واکنش رقبا، کشف قیمت و استراتژی‌های قیمت‌گذاری پویا را در محیط‌های ناپایدار و پرریسک مدل‌سازی کنند، به شدت احساس می‌شود. تحقیق حاضر با طراحی یک مدل ترکیبی مبتنی بر داده کاوی (به‌ویژه رویکردهای بدون نظارت) و اتصال نظام‌مند آن به داده‌های واقعی تولید و هزینه در صنایع تولید انبوه ایران، در صدد پاسخ‌گویی به این خلأها است.

پیشینه تحقیقات خارجی

در تحقیقات خارجی، پیشرفت‌های قابل توجهی در کاربرد داده کاوی، یادگیری ماشین و روش‌های بهینه‌سازی برای قیمت‌گذاری پویا، مدیریت هزینه و پشتیبانی تصمیم‌گیری گزارش شده است. این پژوهش‌ها غالباً در محیط‌های اقتصادی نسبتاً باثبات انجام شده‌اند و کمتر به شرایط تورمی شدید و ناپایداری‌های ساختاری مشابه اقتصاد ایران پرداخته‌اند، اما از نظر روش‌شناختی و الگوریتمی، دستاوردهای مهمی دارند که می‌تواند برای طراحی مدل تحقیق حاضر مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

پین‌هان و هوی (۲۰۱۳) یک سیستم هوشمند پشتیبانی تصمیم‌گیری را برای برنامه‌ریزی تولید بهینه در یک کارخانه تولیدی پیچیده توسعه دادند. این سیستم از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی توالی تولید و تخصیص منابع استفاده می‌کند، که منجر به کاهش زمان چرخه تولید و افزایش بهره‌وری می‌شود. کاربرد عملی این رویکرد در بهبود کارایی عملیاتی کارخانه‌های پیچیده است، اما محدودیت آن عدم ادغام با جنبه‌های مالی و قیمت‌گذاری است که می‌تواند فرصت‌هایی برای گسترش به مدل‌های یکپارچه هزینه-قیمت ایجاد کند (Pin-Han & Hui, ۲۰۱۳).

شولر (۱۹۹۷) به بررسی الگوهای قیمت پویا در بازارهای شبه‌انحصاری فضایی با تأثیر تعدیل‌های مقداری تأخیری پرداخت. این مطالعه نشان می‌دهد که در بازارهای شبه‌انحصاری، به دلیل صرفه‌جویی ناشی از مقیاس در تولید و هزینه‌های حمل و نقل، اغلب قیمت‌ها رقابتی نیستند. این پژوهش به صورت تئوریک به پویایی قیمت‌ها در شرایط شبه‌انحصاری می‌پردازد، اما یک مدل عملیاتی برای شرکت‌های تولید انبوه ارائه نمی‌دهد و بیشتر بر جنبه‌های فضایی تمرکز دارد (Schuler, ۱۹۹۷).

اورتیا و همکاران (۲۰۱۹) یک مدل تکنواقتصادی عمومی برای ارزیابی فرآیندهای الکترونیکی نوظهور معرفی کردند که به کمی‌سازی پتانسیل اقتصادی فرآیندهای موجود و مفهومی می‌پردازد. این مدل با اتصال اهداف قیمت و عملکرد سیستم به مجموعه‌های

ویژگی‌های مواد تشکیل‌دهنده، می‌تواند به ارزیابی کارایی تولید کمک کند. کاربرد عملی در ارزیابی فرآیندهای نوین تولید است، اما محدودیت این مطالعه تمرکز بر یک صنعت خاص و عدم ادغام با استراتژی‌های قیمت‌گذاری رقابتی است (Orella et al., ۲۰۱۹). جانتک و کرنی (۲۰۰۷) استفاده از مدل‌های هزینه‌یابی را برای پشتیبانی از تصمیمات استراتژیک در صنایع تولیدی بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که مدل‌های هزینه‌یابی پیچیده‌تر، مانند ABC، می‌توانند اطلاعات دقیق‌تری برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به قیمت‌گذاری و ترکیب محصول فراهم کنند. با این حال، پیاده‌سازی ABC اغلب پرهزینه و زمان‌بر است، که می‌تواند یک محدودیت برای شرکت‌های کوچک‌تر باشد و نیاز به ابزارهای داده‌محور برای کاهش هزینه پیاده‌سازی را برجسته می‌کند (Jantek & Kearney, ۲۰۰۷).

لیو و فیشر (۲۰۰۴) یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری را برای یکپارچه‌سازی هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت و داده‌کاوی در جهت بهبود تصمیم‌گیری‌های مدیریت هزینه ارائه کردند. این سیستم از الگوریتم‌های داده‌کاوی برای شناسایی عوامل مؤثر بر هزینه‌ها و الگوهای هزینه‌ای استفاده می‌کند که می‌تواند به مدیران در شناسایی فرصت‌های کاهش هزینه کمک کند. کاربرد عملی آن در ارائه بینش‌های عمیق‌تر در مورد ساختار هزینه‌ها است، اما به طور مستقیم به مدل‌های قیمت‌گذاری پویا نمی‌پردازد و بیشتر بر مدیریت هزینه داخلی تمرکز دارد (Liu & Fisher, ۲۰۰۴).

لوان و همکاران (۲۰۰۸) یک مدل قیمت‌گذاری پویا برای شرکت‌های شبه‌انحصاری ارائه کردند که کالاهای فاسدشدنی متمایز را به بخش‌های محدودی از مصرف‌کنندگان استراتژیک می‌فروشند. این مدل رفتار استراتژیک هر دو شرکت و مصرف‌کنندگان را در یک بازی دینامیک تصادفی یکپارچه می‌کند. آن‌ها وجود یک تعادل کامل زیربازی منحصربه‌فرد را اثبات کردند و نشان دادند که رفتار استراتژیک مصرف‌کنندگان می‌تواند تأثیر جدی بر درآمدها داشته باشد اگر شرکت‌ها این رفتار را در سیاست‌های قیمت‌گذاری خود نادیده بگیرند. محدودیت این مطالعه می‌تواند پیچیدگی محاسباتی بالا برای سناریوهای واقعی باشد و عدم استفاده از داده‌کاوی برای تحلیل داده‌های واقعی رفتار مصرف‌کننده (Levin, McGill, & Nediak, ۲۰۰۸).

دوکنر و یورگنسن (۱۹۸۸) به تعیین سیاست‌های قیمت‌گذاری بهینه برای شرکت‌ها در بازارهای شبه‌انحصاری پرداختند. این مشکل به عنوان یک بازی دیفرانسیلی مطالعه شد و

سیاست‌های قیمت‌گذاری بهینه به عنوان کنترل‌های حلقه باز نش Nash تعیین شدند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نتایج مربوط به مورد انحصار، می‌تواند به مورد چندشرکتی نیز تعمیم یابد، اما به دلیل وابستگی‌های متقابل رقابتی، تفاوت‌هایی در سطوح و نرخ تغییر قیمت‌های بهینه وجود دارد. این مطالعه یک چارچوب نظری قوی ارائه می‌دهد اما به کاربرد داده‌کاوی در این زمینه نمی‌پردازد و بیشتر بر مدل‌های ریاضی تمرکز دارد (Dockner & Jørgensen, ۱۹۸۸).

شوه و همکاران (۲۰۲۱) مدل‌های قیمت‌گذاری مبتنی بر نتیجه کسب‌وکار را برای سیستم‌های خدمات هوشمند محصول در مدل‌های کسب‌وکار اشتراکی برای صنایع تولیدی معرفی کردند. آن‌ها یک مدل فرآیند جدید برای قیمت‌گذاری سیستم‌های خدمات هوشمند محصول در کسب‌وکارهای اشتراکی برای صنایع تولیدی توسعه دادند که می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای تأمین‌کنندگان اشتراک‌ها در صنعت تولید عمل کند تا قیمت‌گذاری را با ارزش استفاده ایجاد شده هماهنگ کند. این رویکرد برای مدل‌های کسب‌وکار اشتراکی مناسب است، اما ممکن است به طور مستقیم برای فروش محصولات تولید انبوه یک‌باره قابل تعمیم نباشد و کمتر به شرایط شبه‌انحصاری می‌پردازد (Schuh, Frank, Stich, & Leiting, ۲۰۲۱).

هاسنر و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی قیمت‌گذاری پویا در صنایع مختلف پرداختند. آن‌ها بیان می‌کنند که الگوریتم‌های قیمت‌گذاری پویا، قیمت‌ها را به راحتی و به طور مکرر بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده از مصرف‌کننده و اطلاعات بازار تنظیم می‌کنند. این مقاله کاربردها و مثال‌های قیمت‌گذاری پویا در ورزش، سرگرمی، فعالیت‌های اوقات فراغت، مهمان‌نوازی و حمل و نقل عمومی را بررسی می‌کند. این مطالعه یک مرور کلی بر قیمت‌گذاری پویا ارائه می‌دهد اما به طور خاص بر صنایع تولید انبوه متمرکز نیست و بیشتر بر بخش خدمات است (Haessner, Haessner, & McMurtrey, ۲۰۲۳).

قین (۲۰۱۰) استراتژی قیمت‌گذاری مبتنی بر نیاز مشتری را برای سفارشی‌سازی انبوه ارائه داد. این پژوهش نشان می‌دهد که شرکت می‌تواند با رویکرد قیمت‌گذاری سفارشی، سود و سهم بازار را افزایش دهد و مراحل پیاده‌سازی این استراتژی را تشریح می‌کند. این مدل برای سفارشی‌سازی انبوه طراحی شده است و نه تولید کاملاً انبوه محصولات استاندارد، که تفاوت کلیدی با صنایع تولید انبوه است (Qin, ۲۰۱۰).

نایت (۲۰۰۲) به بررسی قیمت گذاری در شرایط شبه انحصاری در صنعت خودرو با تمرکز بر استراتژی های طولانی مدت و کوتاه مدت پرداخت. این مطالعه نشان داد که شرکت ها در شرایط شبه انحصاری اغلب از استراتژی های قیمت گذاری تبعیضی استفاده می کنند و قیمت ها را بر اساس مدل، ویژگی ها و زمان عرضه تنظیم می کنند. کاربرد عملی در صنعت خودرو است، اما محدودیت این مطالعه تمرکز بر یک صنعت خاص است و تعمیم آن به سایر صنایع تولید انبوه نیازمند بررسی بیشتر است (Knight, ۲۰۰۲).

مولیارد و اورگارد (۲۰۰۱) ادبیات مربوط به تأثیر شفافیت بازار بر رقابت در شرایط شبه انحصاری را بررسی کردند. آن ها دریافتند که بهبود شفافیت از دیدگاه شرکت ها، کشف انحرافات از توافقاتی که قبلاً با آسان تر می کند و هماهنگی شبه انحصاری را تسهیل می کند. از سوی دیگر، شفافیت بیشتر از دیدگاه مصرف کنندگان، به ویژه از نظر قابلیت مقایسه آسان تر ویژگی های کالاها، اثرات مبهمی دارد. این پژوهش بر شفافیت بازار متمرکز است و نه مدل های قیمت گذاری خاص (Møllgaard & Overgaard, ۲۰۰۱). وانگ و چن (۲۰۰۹) یک مدل قیمت گذاری پویا برای تجارت الکترونیک بر اساس داده کاوی ارائه کردند. آن ها این مدل را در مکانیسم های قیمت گذاری تائو باثو معرفی می کنند و کاربرد آن را در حالت های C2C و B2C مورد بحث قرار می دهند. این مدل به طور خاص برای تجارت الکترونیک طراحی شده است، که با چالش ها و پویایی های تولید انبوه تفاوت دارد (Wang & Chen, ۲۰۰۹).

یانگ (۲۰۰۸) یک کاربرد داده کاوی مبتنی بر وب را برای استراتژی های فروش در مزایده های آنلاین معرفی کرد. این مطالعه نشان می دهد که با استفاده از درختان طبقه بندی و رگرسیون، فروشندگان می توانند استراتژی های فروش مؤثرتری را برای مزایده های آنلاین ایجاد کنند. این پژوهش بر مزایده های آنلاین متمرکز است و نه قیمت گذاری اولیه محصولات تولید انبوه (Yang, ۲۰۰۸).

ژانگ (۲۰۱۳) پژوهشی در زمینه تحقیق قیمت گذاری کالاها در سوپرمارکت بر اساس فناوری داده کاوی انجام داد. این مطالعه به دنبال یافتن رابطه بین کالاهای خریداری شده توسط مشتریان از داده های انبوه تراکنش های سوپرمارکت است. این مدل برای محیط خرده فروشی و نه تولید انبوه مناسب است (Zhang, ۲۰۱۳).

لو (۲۰۱۱) در رساله خود به برخی مدل های قیمت گذاری در برنامه ریزی و زمان بندی تولید پرداخت. این رساله شامل سه مسئله برنامه ریزی و زمان بندی تولید با مسائل قیمت گذاری

است. این پژوهش‌ها به هماهنگی تصمیمات قیمت‌گذاری و زمان‌بندی در یک شرکت (MTO (Make-To-Order می‌پردازد و روش‌هایی مانند برنامه‌ریزی درجه دوم و الگوریتم‌های برنامه‌نویسی پویا را به کار می‌گیرد. اگرچه این مطالعه قیمت‌گذاری و تولید را یکپارچه می‌کند، اما ممکن است به طور کامل به پیچیدگی‌های بازارهای شبه‌انحصاری و حجم بالای داده‌های تولید انبوه نپردازد (Lu, ۲۰۱۱).

بروملی و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی روش‌های داده‌کاوی برای پیش‌بینی تغییرات قیمت محصولات خرده‌فروشی بر اساس رفتار مصرف‌کننده پرداختند. این پژوهش از الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند شبکه‌های عصبی و ماشین‌های بردار پشتیبان برای تحلیل الگوهای خرید مشتری و پیش‌بینی تغییرات آتی قیمت استفاده می‌کند. کاربرد عملی این رویکرد در بهینه‌سازی استراتژی‌های قیمت‌گذاری برای خرده‌فروشان است، اما تمرکز آن بر خرده‌فروشی و نه تولید اولیه است (Bromley & Stone, ۲۰۲۴).

چن و وانگ (۲۰۲۳) یک چارچوب قیمت‌گذاری دینامیک را با استفاده از یادگیری تقویتی در محیط‌های رقابتی توسعه دادند. آن‌ها نشان دادند که عامل‌های یادگیری تقویتی می‌توانند به طور خودکار استراتژی‌های قیمت‌گذاری را برای به حداکثر رساندن سود در بازارهای پویا تنظیم کنند. محدودیت این مدل، نیاز به حجم زیادی از داده‌های تعاملی برای آموزش است و کاربرد آن در محیط‌های با داده محدود کمتر است (Chen & Wang, ۲۰۲۳).

دین و لی (۲۰۲۲) کاربرد شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی هزینه‌های تولید در صنایع با فناوری بالا را بررسی کردند. این پژوهش نشان داد که شبکه‌های عصبی می‌توانند با دقت بالایی هزینه‌های متغیر و ثابت تولید را پیش‌بینی کنند، که به شرکت‌ها در تصمیم‌گیری‌های قیمت‌گذاری کمک می‌کند. این رویکرد به پیش‌بینی هزینه کمک می‌کند، اما به تنهایی یک مدل قیمت‌گذاری جامع نیست و نیاز به ادغام با عوامل بازار دارد (Dyne & Li, ۲۰۲۲).

اف و چانگ (۲۰۲۱) بهینه‌سازی قیمت‌گذاری را در بازارهای شبه‌انحصاری با استفاده از مدل‌های بازی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین بررسی کردند. آن‌ها یک مدل ترکیبی ارائه دادند که رفتار رقبای با استفاده از نظریه بازی مدل‌سازی می‌کند و از یادگیری ماشین برای پیش‌بینی پاسخ مصرف‌کننده استفاده می‌کند. این مدل پیچیدگی محاسباتی بالایی دارد،

اما به طور مستقیم به یکپارچه سازی با سیستم های تولید نمی پردازد و بیشتر بر بازارهای نهایی تمرکز دارد (Eff & Chang, ۲۰۲۱).

گائو و هو (۲۰۲۰) به استفاده از خوشه بندی برای بخش بندی مشتریان در قیمت گذاری محصولات سفارشی پرداختند. این پژوهش از الگوریتم های خوشه بندی مانند K-Means برای گروه بندی مشتریان با ترجیحات مشابه استفاده می کند و سپس استراتژی های قیمت گذاری متفاوتی را برای هر بخش اعمال می کند. این رویکرد برای سفارشی سازی انبوه مناسب است و نه تولید انبوه محصولات استاندارد، که تفاوت کلیدی در حجم تولید و استاندارد سازی است (Gao & Hu, ۲۰۲۰).

هوانگ و ونگ (۲۰۱۹) استخراج قواعد انجمنی را برای شناسایی الگوهای خرید مشترک محصول و تأثیر آن بر قیمت گذاری بسته های محصول بررسی کردند. آن ها نشان دادند که قواعد انجمنی می توانند به شرکت ها در طراحی بسته های محصول و قیمت گذاری آن ها برای افزایش درآمد کمک کنند. این مدل بیشتر بر قیمت گذاری بسته ای متمرکز است و کمتر به هزینه های تولید انبوه می پردازد (Huang & Wong, ۲۰۱۹).

کیم و لی (۲۰۱۸) به مدل سازی پاسخ مصرف کننده به تغییرات قیمت با استفاده از یادگیری عمیق پرداختند. این مطالعه از شبکه های عصبی عمیق برای تحلیل داده های بزرگ تراکنش ها و پیش بینی تقاضای محصول در پاسخ به تغییرات قیمت استفاده می کند. این مدل به پیش بینی تقاضا کمک می کند، اما به طور مستقیم یک استراتژی قیمت گذاری تولید نمی کند و نیاز به داده های مشتری دارد (Kim & Lee, ۲۰۱۸).

لی و گوان (۲۰۱۷) یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری برای قیمت گذاری استراتژیک در صنایع تولیدی با استفاده از الگوریتم های ژنتیک و شبیه سازی توسعه دادند. این سیستم به مدیران اجازه می دهد تا سناریوهای مختلف قیمت گذاری را ارزیابی کرده و قیمت های بهینه را در مواجهه با عدم قطعیت بازار تعیین کنند. این رویکرد به شبیه سازی و بهینه سازی کمک می کند، اما به پیچیدگی های داده کاوی بدون نظارت نمی پردازد و بیشتر بر سناریوهای محدود تمرکز دارد (Li & Guan, ۲۰۱۷).

میلر و کلاوسون (۲۰۱۶) تأثیر داده های بزرگ و تحلیل پیش بینی کننده بر مدیریت زنجیره تأمین و قیمت گذاری را بررسی کردند. آن ها نشان دادند که استفاده از داده های بزرگ می تواند به شرکت ها در پیش بینی تقاضا، بهینه سازی موجودی و تنظیم قیمت ها به صورت

پویا کمک کند. این مطالعه بر داده‌های بزرگ تأکید دارد اما جزئیات الگوریتم‌های قیمت‌گذاری را ارائه نمی‌دهد و بیشتر جنبه مفهومی دارد (Miller & Clauson, ۲۰۱۶). وانگ (۲۰۰۵) یک مدل قیمت‌گذاری پویا و تولید/تصمیمات سفارش‌دهی را برای محصولات یا خدماتی که ارزش آن‌ها برای مصرف‌کننده ممکن است در طول زمان تغییر کند، توسعه داد. این مدل‌ها با برنامه‌نویسی پویا با روش brute force به راحتی حل می‌شوند. این رویکرد برای محصولات یا خدمات با ارزش متغیر مناسب است، اما به طور خاص به چالش‌های بازارهای شبه‌انحصاری نمی‌پردازد و کاربرد آن در تولید انبوه محدود است (Wang, ۲۰۰۵).

کوهن و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی مدل‌های قیمت‌گذاری مبتنی بر ارزش در بخش IT پرداختند. آن‌ها نشان دادند که مدل‌های قیمت‌گذاری مبتنی بر ارزش می‌توانند تعادلی بین ریسک ارائه‌دهندگان و رضایت مشتریان ایجاد کنند. این رویکرد برای خدمات IT مناسب است و نه تولید فیزیکی محصولات انبوه (Cohen et al., ۲۰۱۲).

کانو (۲۰۱۱) به بررسی سفت و سختی قیمت‌های خرده‌فروشی و عوامل اقتصادی مؤثر بر حرکت قیمت‌ها پرداخت. او پیش‌بینی‌های دو مدل قیمت‌گذاری وابسته به زمان و وابسته به حالت را بررسی می‌کند و شواهد تجربی برای حمایت از مدل وابسته به حالت را ارائه می‌دهد. این مطالعه بر قیمت‌گذاری خرده‌فروشی تمرکز دارد و نه قیمت‌گذاری تولیدی (Kano, ۲۰۱۱).

ژو و ونگ (۲۰۱۰) به بررسی چگونگی تأثیر عدم قطعیت تقاضا بر قیمت‌گذاری و تصمیمات تولید در یک زنجیره تأمین دو سطحی پرداختند. آن‌ها یک مدل بهینه‌سازی ارائه دادند که تصمیمات قیمت‌گذاری و تولید را در مواجهه با عدم قطعیت تقاضا یکپارچه می‌کند. این مدل به عدم قطعیت تقاضا می‌پردازد، اما به طور مستقیم به ساختار بازار شبه‌انحصاری و استفاده از داده کاوی در تولید انبوه نمی‌پردازد (Zhou & Wang, ۲۰۱۰). هاینز و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی اثرات اطلاعات و ارتباطات بر رقابت قیمتی در بازارهای شبه‌انحصاری آنلاین پرداختند. آن‌ها نشان دادند که افزایش اطلاعات در دسترس مصرف‌کنندگان و شرکت‌ها می‌تواند منجر به کاهش حاشیه سود و افزایش رقابت شود. این مطالعه بر بازارهای آنلاین متمرکز است که ممکن است با بازارهای سنتی تولید انبوه تفاوت داشته باشد (Heins & Johnson, ۲۰۰۹).

پارک و لی (۲۰۰۸) به توسعه یک سیستم مبتنی بر عامل برای قیمت‌گذاری پویا در محیط‌های رقابتی پرداختند. این سیستم از عامل‌های خودمختار برای مذاکره و تعیین قیمت‌ها در یک بازار رقابتی استفاده می‌کند. این مدل بیشتر بر تعاملات عامل محور متمرکز است و کاربرد آن در تولید انبوه محدود است (Park & Lee, ۲۰۰۸).

مرور جامع تحقیقات خارجی در حوزه‌های مرتبط با قیمت‌گذاری محصولات شرکت‌های تولید انبوه در شرایط شبه‌انحصاری با استفاده از داده کاوی، نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل توجهی در هر یک از این حوزه‌ها است، اما در عین حال، خلأها و نقاط ضعفی را نیز آشکار می‌سازد که این تحقیق قصد دارد به آن‌ها پردازد.

یکی از مهم‌ترین خلأها، توجه محدود به محیط‌های تورمی شدید و نوسانات ارزی، به ویژه در اقتصادهای در حال توسعه است. بسیاری از مدل‌های قیمت‌گذاری پویا (مانند لوان و همکاران، ۲۰۰۸؛ وانگ، ۲۰۰۵) و رویکردهای یادگیری ماشین در قیمت‌گذاری (مانند چن و وانگ، ۲۰۲۳؛ کیم و لی، ۲۰۱۸) عمدتاً در محیط‌های با ثبات اقتصادی نسبی و نوسانات قابل پیش‌بینی توسعه یافته‌اند. این مدل‌ها اغلب توانایی کافی برای جذب و مدیریت عدم قطعیت‌های شدید ناشی از تورم‌های بالا، تغییرات ناگهانی نرخ ارز، و بی‌ثباتی‌های کلان اقتصادی را ندارند که مشخصه بسیاری از اقتصادهای در حال توسعه است. نیاز به مدل‌هایی که بتوانند این عوامل بیرونی را به طور مؤثر در استراتژی‌های قیمت‌گذاری شرکت‌های تولید انبوه یکپارچه کنند، کاملاً محسوس است.

خلأ دوم، کمبود یکپارچگی سیستم‌های کنترل تولید و سیستم‌های اجرای تولید (MES) با تکنیک‌های داده کاوی بدون نظارت برای قیمت‌گذاری است. در حالی که سیستم‌های MES (مانند پین‌هان و هوی، ۲۰۱۳) به جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای از فرآیندهای تولید کمک می‌کنند و داده کاوی در مدیریت هزینه (مانند لیو و فیشر، ۲۰۰۴) و پیش‌بینی هزینه (مانند دین و لی، ۲۰۲۲) کاربرد دارد، ارتباط مستقیم بین داده‌های عملیاتی تولید، وضعیت ماشین‌آلات، بهره‌وری لحظه‌ای و تصمیمات قیمت‌گذاری با استفاده از داده کاوی بدون نظارت کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. به عبارت دیگر، چگونه اطلاعات پیچیده و بدون برچسب از کف کارخانه می‌تواند به طور خودکار به بینش‌هایی تبدیل شود که مدل‌های قیمت‌گذاری را در شرایط شبه‌انحصاری بهینه سازند، یک چالش حل نشده باقی مانده است.

سومین خلأ قابل توجه، تحقیقات کمتر در زمینه قیمت گذاری صنایع تولیدی شبه انحصاری با استفاده از داده های واقعی بدون برچسب است. مطالعات موجود در زمینه قیمت گذاری شبه انحصاری (مانند لوان و همکاران، ۲۰۰۸؛ دوکتر و یورگنسن، ۱۹۸۸) عمدتاً ماهیت نظری یا مبتنی بر شبیه سازی دارند و کمتر از داده های واقعی و بدون برچسب برای توسعه مدل های عملیاتی استفاده می کنند. همچنین، داده کاوی در قیمت گذاری اغلب بر بازارهای خرده فروشی (مانند بروملی و همکاران، ۲۰۲۴؛ ژانگ، ۲۰۱۳) یا تجارت الکترونیک (وانگ و چن، ۲۰۰۹؛ یانگ، ۲۰۰۸) تمرکز دارد که دینامیک های متفاوتی نسبت به صنایع تولیدی با چرخه عمر محصول طولانی تر، هزینه های ثابت بالا و ساختارهای توزیع پیچیده تر دارند. نیاز به مدل هایی که بتوانند از حجم عظیم داده های تولیدی، عملیاتی و بازار (که اغلب بدون برچسب هستند) برای استخراج الگوهای پنهان و پشتیبانی از تصمیمات قیمت گذاری در شرایط رقابت محدود استفاده کنند، حیاتی است.

در نهایت، بسیاری از رویکردهای داده کاوی در قیمت گذاری بر بخش بندی مشتری (گائو و هو، ۲۰۲۰) یا قواعد انجمنی (هوانگ و ونگ، ۲۰۱۹) تمرکز دارند که اگرچه مفید هستند، اما به طور جامع به تعاملات استراتژیک بین رقبای بازار شبه انحصاری و نحوه تنظیم قیمت ها در پاسخ به آن نمی پردازند. مدل های ترکیبی که نظریه بازی و یادگیری ماشین را ترکیب می کنند (مانند اف و چانگ، ۲۰۲۱) امیدوارکننده هستند، اما همچنان با چالش پیاده سازی و یکپارچه سازی با داده های پیچیده تولیدی و محیط های نوسانی مواجه هستند. این تحقیق قصد دارد با طراحی یک مدل جامع، به این خلأهای مهم پاسخ دهد.

خلأ پژوهش

به طور کلی، پیشینه داخلی و خارجی تا حد زیادی مکمل یکدیگر هستند. تحقیقات داخلی بیش از همه بر مسائل واقعی صنایع ایران در بستر ساختار شبه انحصاری و ناپایداری های تورمی و ارزی تمرکز کرده اند و تصویری نسبتاً روشن از محدودیت ها و چالش های عملی در حوزه قیمت گذاری و مدیریت هزینه به دست می دهند. در مقابل، تحقیقات خارجی عمدتاً به توسعه و آزمون روش های پیشرفته داده کاوی، مدل های پویا و الگوریتم های بهینه سازی در محیط های رقابتی تر و باثبات تر پرداخته اند.

نقاط مشترک این دو جریان پژوهشی را می توان در تأکید بر اهمیت دقت محاسبه بهای تمام شده، استفاده از داده های واقعی و نیاز به پشتیبانی تصمیم گیری مبتنی بر داده در قیمت گذاری مشاهده کرد. با این حال، خلأهای مشترک عبارت اند از:

کمبود مدل‌های ترکیبی قیمت‌گذاری که با استفاده از داده‌های بدون برچسب و رویکردهای بدون نظارت (مانند خوشه‌بندی) بتوانند الگوهای پیچیده و پنهان در داده‌های هزینه و بازار را کشف کنند؛

عدم یکپارچگی کامل بین سیستم‌های کنترل تولید و برنامه‌ریزی تولید با مدل‌های داده‌کاوی برای قیمت‌گذاری پویا، به‌خصوص در شرایط تورمی و ناپایداری ارزی؛ تمرکز کم بر صنایع تولید انبوه و داده‌های عملیاتی واقعی این صنایع در بسیاری از مدل‌های موجود؛

توجه ناکافی به ساختارهای بازار شبه‌انحصاری و نحوه انعکاس قدرت بازار، واکنش رقبا و کشف قیمتی در چارچوب‌های الگوریتمی قیمت‌گذاری.

تحقیق حاضر با تکیه بر داده‌های واقعی تولید در صنایع تولید انبوه ایران، استفاده از رویکرد خوشه‌بندی و سایر تکنیک‌های داده‌کاوی بدون نظارت، و تلاش برای اتصال اطلاعات حاصل از سیستم‌های کنترل تولید به مدل قیمت‌گذاری، در پی آن است که خلأهای فوق را تا حد امکان پوشش داده و به توسعه دانش نظری و کاربردی در حوزه قیمت‌گذاری در شرایط تورمی و شبه‌انحصاری کمک نماید.

روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، ترکیبی (کمی-کیفی) است. با توجه به نبود برچسب‌های قیمتی در داده‌های تولید انبوه و ضرورت کشف الگوهای نهفته، طراحی تحقیق به‌صورت اکتشافی مبتنی بر داده‌کاوی انجام شده و تحلیل‌های کیفی برای تفسیر و اعتبارسنجی یافته‌ها به کار رفته است.

داده‌ها و منابع اطلاعاتی

داده‌های پژوهش از دو منبع اصلی گردآوری شده‌اند:

۱) داده‌های کمی

داده‌های تاریخی تولید، مواد اولیه و شاخص‌های هزینه‌ای از انبار داده شرکت‌های تولید انبوه ایرانی طی دوره ۱۳۸۶-۱۴۰۲ استخراج شده‌اند.

این داده‌ها شامل اطلاعات زیر هستند:

- ✓ نوع محصول و مشخصات فنی
- ✓ نوع و وزن مواد اولیه مصرفی
- ✓ حجم تولید
- ✓ مؤلفه‌های بهای تمام‌شده

مجموعاً ۱۳۶،۵۹۰ رکورد پس از پالایش و آماده‌سازی مورد استفاده قرار گرفت.

۲) داده‌های کیفی

برای تفسیر و اعتبارسنجی الگوهای استخراج‌شده از داده‌کاوی، **مصاحبه‌های نیمه‌ساختارمند** با مدیران تولید، کارشناسان مالی و متخصصان تحلیل داده انجام شد. در مجموع ۱۵ مصاحبه تا رسیدن به اشباع نظری انجام گردید. همچنین **مشاهده مستقیم** فرآیندهای تولید و سیستم‌های ثبت داده در پنج شرکت نمونه به‌عنوان داده تکمیلی مورد استفاده قرار گرفت.

روش جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های کمی از طریق فرآیند ETL و با استفاده از پرس‌وجوهای SQL از سیستم‌های ERP و کنترل تولید استخراج شدند. مصاحبه‌های کیفی به‌صورت حضوری یا آنلاین انجام و پس از ضبط، متن‌نگاری و آماده‌سازی برای تحلیل مضمون پردازش شدند. مشاهده مستقیم با چک‌لیست ساختاریافته شامل فرایندهای تولید، ثبت داده و عوامل مؤثر بر بهای تمام‌شده انجام گردید.

پیش‌پردازش و آماده‌سازی داده‌ها

- به‌منظور اجرای صحیح الگوریتم‌های داده‌کاوی، مجموعه داده‌ها طی

چند مرحله آماده‌سازی شدند:

- ✓ پاک‌سازی داده‌ها: حذف رکوردهای تکراری، مدیریت مقادیر گمشده، اصلاح قالب‌ها
- ✓ شناسایی داده‌های پرت: براساس توزیع داده و شاخص‌های آماری (چارک‌ها و انحراف معیار)

- ✓ یکپارچه‌سازی: ادغام داده‌های تولید، مواد اولیه و هزینه‌ها بر اساس کد محصول و دوره زمانی
- ✓ نرمال‌سازی: استفاده از Min-Max یا استانداردسازی جهت هم‌مقیاس‌سازی ویژگی‌ها
- ✓ انتخاب ویژگی: حذف متغیرهای کم‌اهمیت و استخراج ویژگی‌های مشتق‌شده با کمک دانش خبرگان

روش تحلیل داده‌ها

- طراحی تحلیل داده‌ها در چهار مرحله اصلی انجام شد:

(۱) تحلیل کیفی اکتشافی

ابتدا مضامین و متغیرهای کلیدی مؤثر بر بهای تمام‌شده و قیمت‌گذاری از مصاحبه‌ها استخراج و به ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری تبدیل شد. تحلیل با روش **تحلیل مضمون** و کدگذاری باز و محوری انجام گردید.

(۲) تحلیل آماری توصیفی

شاخص‌های توصیفی (میانگین، انحراف معیار، دامنه تغییرات و توزیع فراوانی) برای شناخت ساختار داده‌ها و بررسی اولیه الگوهای هزینه‌ای محاسبه شد.

(۳) خوشه‌بندی داده‌ها (Data Mining)

با توجه به ماهیت بدون برچسب داده‌ها، روش اصلی تحلیل، خوشه‌بندی بدون نظارت بود. سه الگوریتم زیر برای افزایش اعتبار نتایج به کار رفت:

- ✓ K-Means
- ✓ الگوریتم سلسله‌مراتبی
- ✓ DBSCAN

برای تعیین تعداد خوشه‌ها و ارزیابی کیفیت خوشه‌بندی از معیارهای زیر استفاده شد:

- روش آرنج
- شاخص سیلوئت

۴) استخراج قوانین انجمنی

برای کشف الگوهای هم‌زمانی میان ویژگی‌های تولیدی و هزینه‌ای، از دو الگوریتم استفاده شد:

Apriori ✓
FP-Growth ✓

قوانین با شاخص‌های پشتیبانی (Support)، اطمینان (Confidence) و Lift ارزیابی شدند.

۵) تحلیل کیفی تکمیلی

نتایج خوشه‌بندی و قوانین انجمنی برای خبرگان ارائه و با مصاحبه‌های تکمیلی تحلیل شدند تا:

- الگوهای کشف شده اعتبارسنجی شوند
- برای هر خوشه استراتژی‌های قیمت‌گذاری قابل اجرا تعریف شود

ابزارها و نرم‌افزارها

✓ SQL Server: مدیریت و استخراج داده‌ها
✓ Python: داده‌کاوی (Pandas، Scikit-Learn، mlxtend)
✓ SPSS: تحلیل‌های آماری توصیفی
✓ MAXQDA: تحلیل کیفی مصاحبه‌ها

نتایج

این فصل به ارائه نتایج حاصل از پیاده‌سازی روش تحقیق ترکیبی (کمی-کیفی) می‌پردازد. یافته‌ها در سه بخش اصلی، شامل: (۱) شناسایی ویژگی‌های کلیدی برای خوشه‌بندی از طریق تحلیل کیفی اولیه، (۲) تحلیل آماری توصیفی و خوشه‌بندی محصولات با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی، و (۳) اعتبارسنجی خوشه‌ها و تخصیص استراتژی‌های قیمت‌گذاری با بهره‌گیری از تحلیل کیفی ثانویه و اجماع خبرگان، ارائه شده‌اند.

شناسایی ویژگی‌های کلیدی برای خوشه‌بندی: تحلیل کیفی اولیه

به‌منظور شناسایی متغیرهای مؤثر بر خوشه‌بندی محصولات و استراتژی‌های قیمت‌گذاری در صنایع تولید انبوه با تمرکز بر بازارهای شبه‌انحصاری، ۱۵ مصاحبه نیمه‌ساختارمند با خبرگان صنعت انجام شد. میانگین سابقه کاری خبرگان ۱۶٫۲ سال بود. داده‌های کیفی از طریق کدگذاری باز و محوری تحلیل شدند و منجر به استخراج مضامین کلیدی گردید.

از مجموع ۱۲۸ کد اولیه استخراج شده، دسته‌بندی‌هایی نظیر «نوع و مقدار مواد اولیه»، «فرآیندهای تولید»، «ویژگی‌های محصول»، «عوامل بازار» و «مقیاس تولید» شکل گرفتند. ضریب توافق کاپای کوهن برای دسته‌بندی کدها ۰٫۸۲ محاسبه شد که نشان‌دهنده پایایی بالای کدگذاری است. در نهایت، با استفاده از کدگذاری محوری، مضامین اصلی استخراج شدند که ارتباط بین دسته‌ها و عوامل مؤثر بر قیمت‌گذاری و خوشه‌بندی را نشان می‌دهند.

جدول ۱: کدگذاری باز

نقش خبره	شماره مصاحبه	نقل قول نمونه	کد اولیه
مدیر تولید	۷، ۴، ۱	مقدار مس مصرفی در کابل‌ها به دلیل قیمت بالای آن، تعیین‌کننده قیمت نهایی مصرف مس است.	مصرف مس
کارشناس مالی	۸، ۲	به‌عنوان عایق هزینه متوسطی دارد، PVC اما مقدار آن در قیمت اثر می‌گذارد.	PVC هزینه
متخصص داده‌کاوی	۹، ۳	مستریج برای رنگ کابل استفاده می‌شود و هزینه آن پایین است.	مصرف مستریج
مدیر تولید	۱۰، ۵، ۱	عایق‌سازی کابل‌ها فرآیند پیچیده‌ای است که هزینه تولید را افزایش می‌دهد.	فرآیند عایق‌سازی
کارشناس مالی	۱۱، ۶، ۴	وزن کابل نشان‌دهنده مقدار مواد اولیه و هزینه تولید است.	وزن محصول نهایی
مدیر تولید	۱۲، ۷	ماشین اکسترودر هزینه بیشتری نسبت به بانچر دارد.	نوع ماشین‌آلات
متخصص داده‌کاوی	۱۳، ۸، ۳	کابل‌های آبی در برخی بازارها تقاضای بیشتری دارند.	تقاضای بازار
کارشناس مالی	۱۴، ۹، ۲	تورم قیمت مواد اولیه را بالا برده و خوشه‌بندی باید این را در نظر بگیرد.	تأثیر تورم
متخصص داده‌کاوی	۱۵، ۱۰، ۵	رنگ کابل می‌تواند نشان‌دهنده تفاوت در مواد افزودنی باشد.	رنگ محصول
مدیر تولید	۱۳، ۱۱، ۶	تولید در مقیاس بالا هزینه واحد را کاهش می‌دهد.	حجم تولید

بر اساس این مضامین، نه ویژگی نهایی برای خوشه‌بندی محصولات شناسایی شدند که قابلیت اندازه‌گیری و استخراج از داده‌های تولیدی را داشتند. این ویژگی‌ها در جدول زیر ارائه شده‌اند.

جدول ۲: ویژگی‌های نهایی

منطق انتخاب	منبع استخراج (مضمون)	ویژگی نهایی
اثر مستقیم بر بهای تمام‌شده	تأثیر مواد اولیه بر هزینه	مقدار مواد مصرفی
تفاوت شدید هزینه‌ای (مثلاً مس)	مواد اولیه	نوع ماده
نماینده ترکیبی مواد و فرآیند	فرآیند تولید / ویژگی محصول	وزن تولید
تمایز هزینه و پیچیدگی	فرآیندهای تولید	فرآیند تولید
نشانگر افزودنی‌ها و بازار هدف	ویژگی‌های محصول	رنگ محصول
اثر اقتصاد مقیاس	مقیاس تولید	مقدار تولید
تفاوت کاربرد و بازار	ویژگی محصول	نوع محصول
اثر بر قیمت‌گذاری و ارزش	الزامات کیفی	استاندارد محصول
اثر غیرخطی بر هزینه	استاندارد / فرآیند	پیچیدگی فرآیند

تحلیل آماری توصیفی و خوشه‌بندی محصولات

توصیف داده‌های کمی

داده‌های کمی شامل ۱۳۶،۵۹۰ رکورد تولیدی از انبار داده شرکت‌های تولید انبوه، با متغیرهای کلیدی “وزن مواد”، “مقدار تولید” و “وزن تولید” مورد تحلیل قرار گرفتند. جدول زیر شاخص‌های آماری توصیفی این متغیرها را نشان می‌دهد.

جدول ۳: شاخص‌های آماری

میانگین	انحراف معیار	مینیم	ماکزیمم	چارک اول (Q1)	میان	چارک سوم (Q3)
۲۵۰/۴	۵۰/۲	۱۵۰/۰	۴۰۰/۰	۲۱۵/۵	۲۴۸/۰	۲۹۰/۳
۵۰۰۰/۸	۱۲۰۰/۵	۲۰۰۰/۰	۸۰۰۰/۰	۴۱۰۰/۰	۴۹۵۰/۰	۵۹۰۰/۰
۳۰۰/۶	۶۰/۸	۱۸۰/۰	۴۸۰/۰	۲۶۰/۰	۲۹۸/۵	۳۴۰/۰

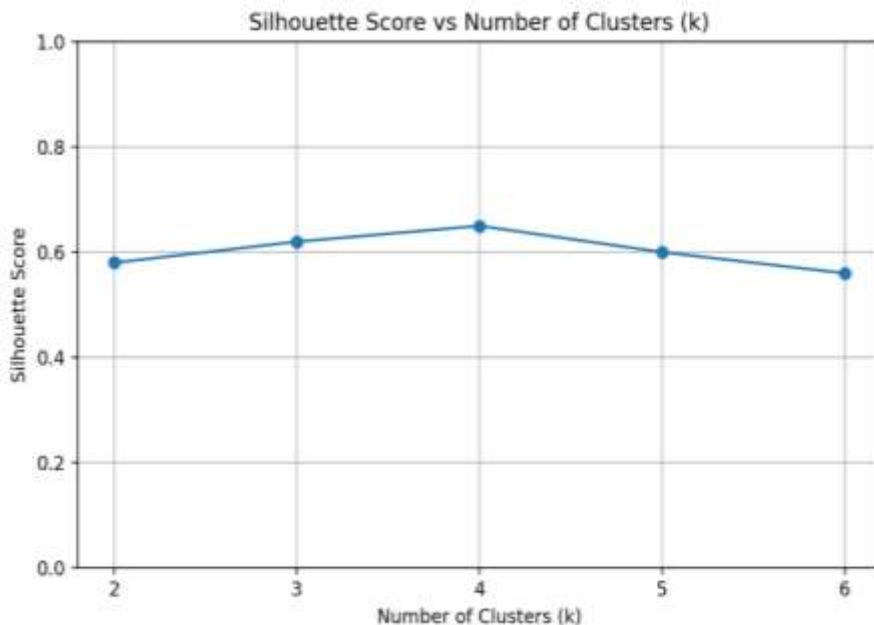
نتایج همبستگی پیرسون حاکی از همبستگی قوی بین “وزن مواد” و “وزن تولید” (۰٫۹۲) و “وزن مواد” با “مقدار تولید” (۰٫۸۵) بود که نشان‌دهنده روابط منطقی و معنادار بین متغیرهای مورد مطالعه است.

جدول ۴: همبستگی بین متغیرها

متغیرها	مقدار تولید	وزن مواد	وزن تولید
وزن مواد	۰/۸۵	۱/۰۰	۰/۹۲
مقدار تولید	۱/۰۰	۰/۸۵	۰/۷۸
وزن تولید	۰/۷۸	۰/۹۲	۱/۰۰

نتایج تحلیل خوشه‌بندی

تحلیل خوشه‌بندی با استفاده از الگوریتم‌های K-Means، DBSCAN و Hierarchical Clustering روی داده‌های تولید انجام شد. تعداد بهینه خوشه‌ها با استفاده از روش آرنج و معیار Silhouette تعیین گردید. شکل زیر نشان می‌دهد که نقطه آرنج در $k=4$ و بالاترین امتیاز Silhouette (۰,۶۵) نیز برای $k=4$ حاصل شد که این تعداد خوشه را به عنوان بهینه تأیید می‌کند.



شکل ۱: میانگین امتیاز Silhouette برای کل داده‌ها به ازای تعداد خوشه‌های مختلف.

نتایج خوشه‌بندی برای هر سه الگوریتم در جداول زیر آورده شده‌اند.

جدول ۵: خوشه‌های k-means

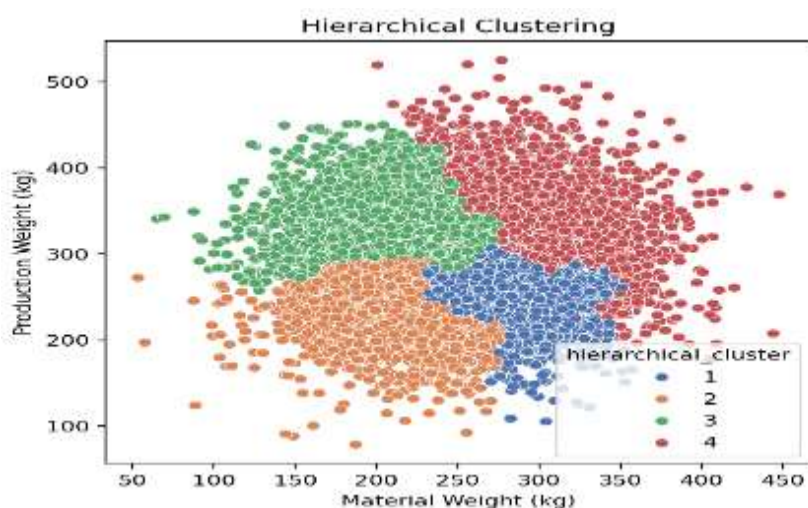
خوشه	تعداد نمونه	ویژگی‌های کلیدی
خوشه ۱	۴۰,۰۰۰	مصرف بالای مواد سنگین و گران
خوشه ۲	۴۵,۰۰۰	تولید انبوه با محصولات سبک
خوشه ۳	۳۰,۰۰۰	تولید سبک با مواد ارزان قیمت
خوشه ۴	۲۱,۵۹۰	مصرف متعادل مواد با ترکیبی از مواد

جدول ۶: خوشه‌های DBSCAN

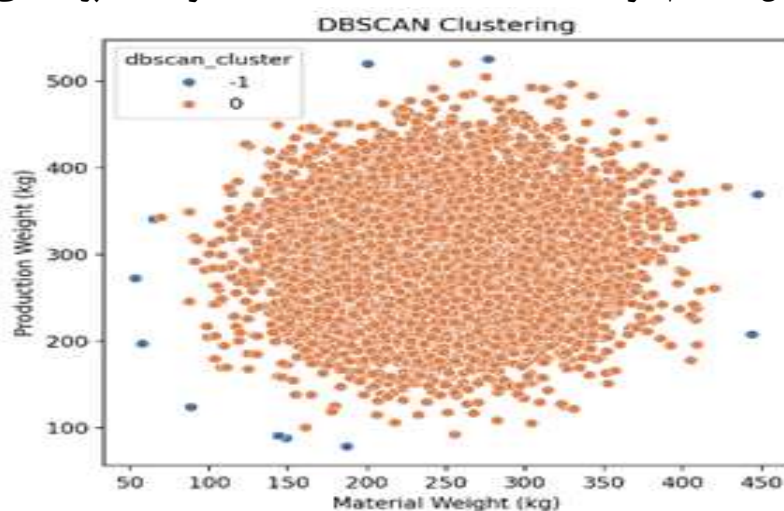
خوشه	تعداد نمونه	ویژگی‌های کلیدی
خوشه ۱	۳۵,۰۰۰	مصرف بالای مواد سنگین و گران
خوشه ۲	۴۰,۰۰۰	تولید انبوه با محصولات سبک
خوشه ۳	۲۵,۰۰۰	تولید سبک با مواد ارزان قیمت
خوشه ۴	۲۰,۰۰۰	مصرف متعادل مواد با ترکیبی از مواد
پرت	۱۶,۵۹۰	داده‌های غیرعادی (مانند تولید بسیار بالا یا پایین)

جدول ۷: خوشه‌های Hierarchical Clustering

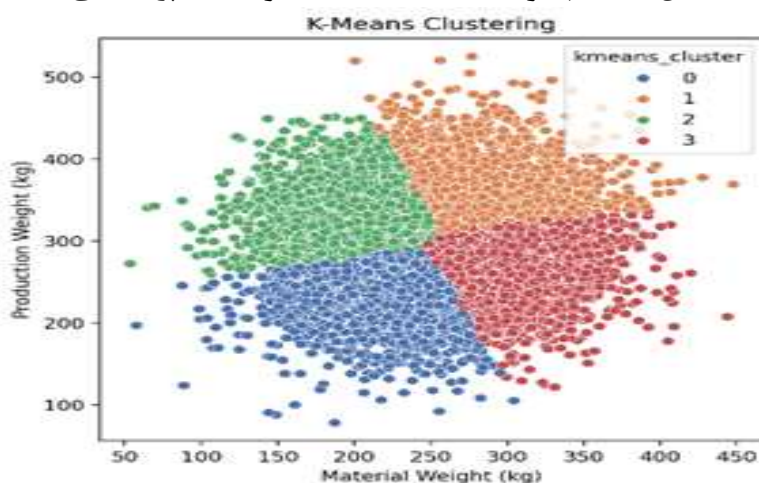
خوشه	تعداد نمونه	ویژگی‌های کلیدی
خوشه ۱	۳۸,۰۰۰	مصرف بالای مواد سنگین و گران
خوشه ۲	۴۳,۰۰۰	تولید انبوه با محصولات سبک
خوشه ۳	۲۸,۰۰۰	تولید سبک با مواد ارزان قیمت
خوشه ۴	۲۷,۵۹۰	مصرف متعادل مواد با ترکیبی از مواد



شکل ۲: تجسم خوشه‌های Hierarchical Clustering با نمودارهای پراکندگی



شکل ۳: تجسم خوشه‌های DBSCAN با نمودارهای پراکندگی



شکل ۴: تجسم خوشه‌های K-Means با نمودارهای پراکندگی

مقایسه الگوریتم‌ها بر اساس امتیاز Silhouette نشان داد که K-Means با امتیاز ۰٫۶۵، بهترین عملکرد را در تفکیک خوشه‌ها داشته است، در حالی که DBSCAN (0.58) و Hierarchical Clustering (0.62) کمی پایین تر بودند.

جدول ۸: مقایسه روش‌های مختلف خوشه‌بندی

روش خوشه‌بندی	امتیاز Silhouette	تعداد خوشه‌ها	توضیحات
K-Means	۰/۶۵	۴	بالاترین امتیاز، نشان‌دهنده خوشه‌های منسجم و جدا از هم.
DBSCAN	۰/۵۸	۴	امتیاز پایین‌تر به دلیل نقاط پرت و حساسیت به پارامترها.
Hierarchical Clustering	۰/۶۲	۴	K-امتیاز خوب، اما کمی کمتر از Means. به دلیل ساختار سلسله‌مراتبی.

نتایج استخراج قواعد انجمنی

قواعد انجمنی با استفاده از الگوریتم‌های Apriori و FP-Growth روی نمونه‌ای ۱۰،۰۰۰ تایی از داده‌ها (با حداقل پشتیبانی ۰٫۰۳، اطمینان ۰٫۸ و Lift 1.2) استخراج شدند. متغیرهای عددی به بازه‌های گسسته تبدیل شدند. هر دو الگوریتم قواعد مشابهی را شناسایی کردند، اما FP-Growth به دلیل کارایی محاسباتی بالاتر (زمان اجرای ۱٫۵ ثانیه در مقابل ۴ ثانیه برای Apriori) به عنوان روش ترجیحی انتخاب شد.

جدول زیر قواعد انجمنی کلیدی را نشان می‌دهد که روابط پیچیده چندمتغیره را آشکار می‌سازند. برای مثال، قاعده “نوع ماده=مواد گران و سنگین، فرآیند=پیچیده” → {وزن تولید=بالا، نوع محصول=محصولات فلزی} نشان‌دهنده استفاده از مواد پرهزینه در فرآیندهای پیچیده برای تولید محصولات صنعتی سنگین است.

جدول ۹: قواعد انجمنی کلیدی

تفسیر	پشتیبانی	اطمینان	Lift	قاعده
استفاده از مواد گران و سنگین در فرآیند پیچیده اغلب با محصولات سنگین، فرآیند پیچیده {				{نوع ماده=مواد گران و سنگین، فرآیند پیچیده {
سنگین همراه است، که هزینه بر و مناسب برای کاربردهای صنعتی است.	۰/۰۵	۰/۸۸	۲/۱	→ {وزن تولید=بالا، نوع محصول=محصولات فلزی {
تولید انبوه با مواد سبک و رنگ تیره در فرآیند پیچیده به محصولاتی با وزن متوسط منجر می شود، که اقتصادی و مناسب بازارهای رقابتی است.	۰/۰۴	۰/۸۵	۱/۸	{نوع ماده=مواد سبک، مقدار تولید=بالا، رنگ=تیره { → {فرآیند پیچیده، وزن تولید=متوسط {
مواد سبک و ارزان در محصولات فلزی و پتروشیمی ترکیبی با اندازه کوچک با وزن تولید پایین مرتبط است، که نشان دهنده سفارشات خاص است.	۰/۰۳	۰/۸۲	۲/۰	{نوع ماده=مواد سبک و ارزان، اندازه=کوچک { → {وزن تولید=پایین، نوع محصول=فلزی و پتروشیمی ترکیبی {
فرآیند متوسط با رنگ شفاف اغلب با تولید انبوه محصولات ترکیبی همراه است، که در کاربردهای فناوری متداول است.	۰/۰۳	۰/۸۰	۱/۹	{فرآیند=متوسط، رنگ=شفاف { → {نوع محصول=ترکیبی، مقدار تولید=بالا {
مواد غیر فلزی در محصولات سبک با وزن مواد بالا استفاده می شود، که برای مصارف ساختمانی مناسب است.	۰/۰۳	۰/۸۳	۱/۷	{نوع ماده=مواد غیر فلزی، رنگ=روشن { → {وزن مواد=بالا، نوع محصول=محصولات سبک {

این قواعد در تحلیل هزینه های تولید (شناسایی ترکیب های پرهزینه و اقتصادی) و تدوین استراتژی های قیمت گذاری (مثلاً قیمت گذاری ممتاز برای محصولات با مواد گران قیمت یا قیمت گذاری رقابتی برای تولید انبوه) کاربرد دارند.

اعتبارسنجی خوشه‌ها و تخصیص استراتژی‌های قیمت‌گذاری

اعتبارسنجی خوشه‌ها با خبرگان

به منظور اعتبارسنجی نتایج خوشه‌بندی، مصاحبه‌های نیمه ساختارمند با ۱۰ خبره صنعت (۵ مدیر تولید، ۳ کارشناس مالی، ۲ متخصص داده کاوی) انجام شد. جدول زیر خلاصه‌ای از نتایج اعتبارسنجی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰: اعتبارسنجی خوشه‌ها با خبرگان

خوشه	ویژگی‌های اصلی	تأیید خبرگان	نمونه نظرات و پیشنهادها
خوشه ۱	مصرف بالای محصولات سنگین، وزن تولید بالا	تأیید (۰/۹)	"این خوشه با محصولات سنگین مطابقت دارد" (مدیر تولید ۱). پیشنهاد: افزودن استانداردهای بین‌المللی به ویژگی‌ها.
خوشه ۲	تولید انبوه، وزن تولید متوسط	تأیید (۱)	"بخش بزرگی از تولید انبوه را تشکیل می‌دهند" (کارشناس مالی ۲). بدون پیشنهاد خاص.
خوشه ۳	تولید سبک، وزن تولید پایین	تأیید (۰/۸)	"محصولات سبک برای کاربردهای فناوری مناسب‌اند، اما سایر محصولات ممکن است محدود باشد" (متخصص داده کاوی ۱). پیشنهاد: بررسی رنگ‌های خاص.
خوشه ۴	مصرف متعادل مواد، وزن تولید متوسط، ترکیبی	تأیید (۰/۷)	"این خوشه کمی مبهم است و ممکن است شامل محصولات متنوع باشد" (مدیر تولید ۳). پیشنهاد: تفکیک بیشتر بر اساس فرآیند تولید.

خوشه‌های ۱ و ۲ از تأیید بالاتری برخوردار بودند، در حالی که خوشه‌های ۳ و ۴ با ملاحظات بیشتری پذیرفته شدند.

استخراج مضامین برای استراتژی‌های قیمت‌گذاری

تحلیل محتوای مصاحبه‌های اعتبارسنجی، چهار مضمون اصلی را برای تدوین استراتژی‌های قیمت‌گذاری آشکار کرد: هزینه‌های تولید، ارزش ادراکی مشتری، رقابت و تقاضای بازار، و انعطاف‌پذیری قیمت‌گذاری. ضریب توافق کاپا بین کدگذاران برای این تحلیل ۰.۸۴ بود.

جدول ۱۱: استخراج مضامین

مضمون	نمونه کدها	توضیح
هزینه‌های تولید	هزینه، پیچیدگی فرآیند	قیمت‌گذاری باید هزینه‌های مواد و فرآیندهای تولید را پوشش دهد.
ارزش ادراکی مشتری	کیفیت، استانداردهای بین‌المللی، کاربرد صنعتی	محصولات سنگین یا فناوری با ارزش بالاتر برای مشتریان خاص می‌توانند قیمت‌گذاری مبتنی بر ارزش داشته باشند.
رقابت و تقاضای بازار	تولید انبوه، بازارهای رقابتی، تقاضای فصلی	نیاز به قیمت‌گذاری نفوذی برای تولیدات انبوه رقابت دارند.
انعطاف‌پذیری قیمت‌گذاری	سفارشات خاص، تولیدات سبک	محصولات خاص نیاز به قیمت‌گذاری سفارشی دارند.

تخصیص و اعتبارسنجی نهایی استراتژی‌های قیمت‌گذاری

بر اساس مضامین استخراج‌شده و ویژگی‌های هر خوشه، استراتژی‌های قیمت‌گذاری متناسب تدوین و تخصیص داده شدند.

جدول ۱۲: تخصیص استراتژی‌های قیمت‌گذاری به هر خوشه

خوشه	ویژگی‌های کلیدی	استراتژی قیمت‌گذاری	دلایل
خوشه ۱	مصرف بالا، وزن تولید بالا	مبتنی بر ارزش	محصولات سنگین با وزن بالا برای کاربردهای صنعتی با ارزش ادراکی بالا مناسب‌اند. قیمت‌گذاری مبتنی بر ارزش (بر اساس کیفیت و استانداردهای بین‌المللی) تقاضای مشتریان خاص را هدف قرار می‌دهد.
خوشه ۲	تولید انبوه، وزن تولید متوسط	نفوذی	هزینه‌های پایین‌تری دارد و تولید انبوه برای بازارهای رقابتی مناسب است. قیمت‌گذاری نفوذی برای کسب سهم بازار توصیه می‌شود.
خوشه ۳	تولید سبک، وزن تولید پایین	سفارشی (ارزش محور)	مواد سبک برای کاربردهای خاص هستند. قیمت‌گذاری سفارشی بر اساس نیاز مشتری و ارزش محصول (مانند

رنگ یا استاندارد خاص) مناسب است.

این خوشه شامل محصولات متنوع	مصرف متعادل مواد،	خوشه
است. قیمت گذاری مبتنی بر هزینه (با	وزن تولید متوسط،	۴
حاشیه سود متعادل) به دلیل عدم تمایز	مبتنی بر هزینه	ترکیبی
خاص توصیه می شود.		

اعتبارسنجی نهایی این استراتژی ها از طریق یک جلسه بحث گروهی با ۶ خبره (روش دلفی در دو دور) انجام شد. جدول زیر نتایج این بحث و اصلاحات نهایی را نشان می دهد. ۹۰٪ اجماع در مورد استراتژی های نهایی حاصل شد.

جدول ۱۳: نتایج بحث گروهی

خوشه	استراتژی نهایی	اصلاحات و نظرات
خوشه ۱	مبتنی بر ارزش	تأیید شد. پیشنهاد: افزودن تخفیف برای قراردادهای بلندمدت با مشتریان صنعتی.
خوشه ۲	نفوذی	تأیید شد. پیشنهاد: استفاده از تبلیغات برای افزایش سهم بازار در مناطق رقابتی.
خوشه ۳	سفارشی (ارزش محور)	تأیید شد با اصلاح: تأکید بر مذاکره با مشتریان مخابراتی برای تعیین قیمت بر اساس مشخصات خاص.
خوشه ۴	مبتنی بر هزینه	اصلاح شد: افزودن انعطاف پذیری جزئی در قیمت گذاری برای رقابت با محصولات مشابه.

نتیجه گیری

این پژوهش با هدف طراحی یک مدل داده محور برای پشتیبانی از تصمیم گیری قیمت گذاری در صنایع تولید انبوه فعال در شرایط شبه انحصاری انجام شد. با اتکا به داده های واقعی تولید (۱۳۶،۵۹۰ رکورد) و ترکیب روش های داده کاوی و تحلیل های کیفی، مدلی ارائه شد که قادر است الگوهای نهفته تولید و هزینه را آشکار کرده، محصولات را به صورت معنادار خوشه بندی کند و استراتژی های قیمت گذاری متناسب با ویژگی های هر خوشه را پیشنهاد دهد.

یافته‌های پژوهش نشان داد که ترکیب سه دسته داده—ویژگی‌های مواد اولیه، ویژگی‌های فرآیندی و ویژگی‌های محصول—قادر است ساختار هزینه‌ای محصولات را به خوبی توضیح دهد. تحلیل‌های کیفی اولیه با مشارکت ۱۵ خبره صنعت ویژگی‌هایی همچون مقدار و نوع مواد اولیه، فرآیند تولید، وزن محصول نهایی، رنگ، مقدار تولید و استاندارد محصول را به عنوان عوامل کلیدی مشخص کردند. این ویژگی‌ها پس از تحلیل محتوای کیفی، به عنوان ورودی مدل داده کاوی در نظر گرفته شدند.

نتایج تحلیل‌های کمی، شامل آمار توصیفی و محاسبه همبستگی پیرسون، وجود روابط قوی میان متغیرهای تولیدی (مانند وزن مواد و وزن تولید) را تأیید کرد. به کارگیری الگوریتم‌های خوشه‌بندی K-Means، DBSCAN و Hierarchical Clustering چهار خوشه مشخص و متمایز از محصولات را شناسایی کرد. بر اساس معیار Silhouette، الگوریتم K-Means با مقدار ۰٫۶۵، بهترین عملکرد را داشت. هر خوشه نشان‌دهنده یک الگوی تولید و هزینه متفاوت بود؛ از محصولات سنگین و پرمصرف گرفته تا تولیدات انبوه اقتصادی و محصولات سبک با ویژگی‌های سفارشی.

استخراج قواعد انجمنی با استفاده از الگوریتم‌های Apriori و FP-Growth روابط چندبعدی میان مواد اولیه، فرآیندها، ویژگی‌های محصول و حجم تولید را آشکار ساخت. این قواعد به ویژه در شناسایی ترکیب‌های پرهزینه، الگوهای تولید اقتصادی و ویژگی‌های سفارشات خاص مفید واقع شدند. به دلیل کارایی محاسباتی، FP-Growth به عنوان الگوریتم برتر برای داده‌های حجیم توصیه شد.

در مرحله اعتبارسنجی، ۱۰ خبره صنعت ساختار خوشه‌ها را تأیید کرده و پیشنهادهایی برای بهبود تفسیر آن‌ها ارائه دادند. تحلیل کیفی ثانویه چهار منطق اصلی قیمت گذاری را آشکار کرد: هزینه‌های تولید، ارزش ادراکی مشتری، رقابت و تقاضای بازار، و انعطاف پذیری قیمت گذاری.

بر این اساس، استراتژی‌های متفاوتی برای هر خوشه تدوین شد:

- ✓ قیمت گذاری مبتنی بر ارزش برای محصولات سنگین و صنعتی،
- ✓ قیمت گذاری نفوذی برای تولیدات انبوه،
- ✓ قیمت گذاری سفارشی برای محصولات سبک و خاص،
- ✓ و قیمت گذاری مبتنی بر هزینه برای محصولات متنوع و کم تمایز.

اعتبارسنجی نهایی از طریق یک جلسه بحث گروهی (روش دلفی) انجام شد و ۹۰٪ اجماع خبرگان نشان‌دهنده کارآمدی و قابل اجرا بودن استراتژی‌های پیشنهادی بود. بر اساس یافته‌های پژوهش و مدل پیشنهادی قیمت‌گذاری مبتنی بر داده، مجموعه‌ای از پیشنهادها در سه سطح تحقیقات آتی، کاربردهای مدیریتی و اقدامات سیاستی ارائه می‌شود.

نخست، توسعه مدل‌های قیمت‌گذاری پویا می‌تواند گام مهمی در تکامل چارچوب ارائه‌شده باشد. استفاده از روش‌های پیشرفته یادگیری ماشین مانند شبکه‌های عصبی، مدل‌های یادگیری تقویتی یا مدل‌های پیش‌بینی سری‌های زمانی می‌تواند امکان به‌روزرسانی مستمر قیمت‌ها بر اساس تغییرات بازار، هزینه‌ها و تقاضا را فراهم کند. دوم، تعمیم مدل به سایر صنایع تولیدی پیشنهاد می‌شود. صنایع مختلف مانند خودروسازی، فولاد، پتروشیمی یا صنایع غذایی دارای ساختارهای هزینه و الگوهای تقاضای متفاوتی هستند و بررسی کارایی مدل در این صنایع می‌تواند به توسعه یک چارچوب عمومی‌تر برای قیمت‌گذاری مبتنی بر داده منجر شود. سوم، ادغام داده‌های بازار و مشتری با داده‌های تولیدی می‌تواند دقت مدل را افزایش دهد. اطلاعاتی مانند رفتار خرید مشتریان، حساسیت به قیمت، داده‌های رقبا و شرایط بازار می‌تواند به تحلیل جامع‌تر و واقع‌بینانه‌تر فرآیند قیمت‌گذاری کمک کند. چهارم، بررسی اثرات بلندمدت استراتژی‌های قیمت‌گذاری پیشنهادی بر شاخص‌هایی مانند سهم بازار، سودآوری و وفاداری مشتریان پیشنهاد می‌شود. مطالعات طولی می‌توانند نشان دهند که استراتژی‌های مختلف در بلندمدت چه تأثیری بر عملکرد سازمان دارند. در نهایت، ترکیب مدل ارائه‌شده با سیستم‌های هوش مصنوعی پیشرفته و سیستم‌های خبره می‌تواند مسیر توسعه سیستم‌های هوشمند قیمت‌گذاری را هموار کند؛ سیستم‌هایی که قادر باشند به‌صورت نیمه خودکار یا خودکار پیشنهادهای قیمتی ارائه دهند.

برای بهره‌برداری عملی از نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود سازمان‌های تولیدی مدل پیشنهادی را در سیستم‌های اطلاعاتی سازمانی مانند ERP یا سیستم‌های مدیریت تولید ادغام کنند. این اقدام می‌تواند امکان تحلیل سریع داده‌های تولید و تعیین قیمت‌های مناسب را فراهم آورد. ایجاد داشبوردهای مدیریتی تعاملی نیز می‌تواند به مدیران کمک کند تا وضعیت خوشه‌های محصول، شاخص‌های هزینه و استراتژی‌های قیمت‌گذاری را به‌صورت بصری و لحظه‌ای مشاهده و تحلیل کنند. چنین ابزارهایی می‌توانند تصمیم‌گیری

را تسهیل کرده و شفافیت بیشتری در فرآیند قیمت‌گذاری ایجاد کنند. همچنین آموزش مدیران و کارشناسان حوزه تولید، فروش و برنامه‌ریزی در زمینه تحلیل داده و استفاده از ابزارهای داده‌کاوی ضروری است. افزایش سطح دانش تحلیلی در سازمان می‌تواند پذیرش و اثربخشی مدل‌های داده‌محور را تقویت کند. پیشنهاد دیگر، اجرای آزمایشی (پایلوت) مدل در یک یا چند خط تولید پیش از استقرار کامل در سازمان است. این رویکرد امکان ارزیابی عملی مدل، شناسایی چالش‌های اجرایی و اصلاح احتمالی آن را فراهم می‌کند. علاوه بر این، استفاده از قواعد انجمنی استخراج‌شده برای بهبود مدیریت زنجیره تأمین، پیش‌بینی مصرف مواد اولیه و بهینه‌سازی موجودی می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی عملیاتی کمک کند.

از منظر سیاست‌گذاری صنعتی، حمایت از دیجیتال‌سازی و داده‌محور شدن صنایع تولیدی اهمیت زیادی دارد. ارائه مشوق‌های مالی و حمایتی برای سرمایه‌گذاری در سیستم‌های جمع‌آوری داده، تحلیل داده و هوش مصنوعی می‌تواند به ارتقای بهره‌وری و رقابت‌پذیری صنایع کمک کند. همچنین تدوین استانداردهایی برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و مدیریت داده‌های تولیدی در سطح صنعت می‌تواند زمینه‌ساز توسعه سیستم‌های تحلیلی پیشرفته و مقایسه‌پذیری داده‌ها در میان شرکت‌ها شود. حمایت از تحقیقات کاربردی در حوزه داده‌کاوی صنعتی و قیمت‌گذاری نیز از دیگر اقدامات ضروری است. همکاری نزدیک میان دانشگاه‌ها و صنایع می‌تواند به توسعه مدل‌های کاربردی و قابل پیاده‌سازی در محیط‌های واقعی کمک کند. در نهایت، ایجاد بسترهای همکاری میان صنعت و مراکز علمی برای توسعه و آزمون مدل‌های داده‌محور می‌تواند به انتقال دانش، ارتقای نوآوری و بهبود تصمیم‌گیری در صنایع تولیدی منجر شود.

در مجموع، پژوهش حاضر یک چارچوب یکپارچه برای قیمت‌گذاری ارائه کرده است که ویژگی‌های تولیدی و ساختار بازار شبه‌انحصاری را به‌طور هم‌زمان در نظر می‌گیرد. این مدل ضمن پوشش محدودیت فقدان داده‌های قیمتی در انبارهای داده، می‌تواند به‌صورت عملی در سیستم‌های ERP و داشبوردهای مدیریتی ادغام شود و مبنایی برای تصمیم‌های دقیق‌تر، سریع‌تر و مبتنی بر داده فراهم آورد. دستاوردهای پژوهش نقش معناداری در ارتقای رقابت‌پذیری، بهینه‌سازی هزینه‌ها و افزایش سودآوری در صنایع تولید انبوه دارد و می‌تواند به‌عنوان الگویی برای توسعه مدل‌های مشابه در سایر صنایع و بازارها مورد استفاده قرار گیرد.

منابع:

- عبداللهزاده، م.، و زارع، م. (۱۳۹۹). مقاله پژوهشی در حوزه اقتصاد صنعتی.
- عرب‌مازار، ا.، و گلمرادی، م. (۱۳۸۹). پژوهشی در زمینه ساختار بازار و رقابت.
- عسکریان، م.، سرلاب، ع.، و اصغری‌پور، م. (۱۳۹۹). تحلیل اقتصادی بازار و رقابت.
- بارفروشی، م.، شیخ‌الاسلامی، ع.، لطیفی، م.، و حسینی، ع. (۱۳۹۷). بررسی ساختار بازار در صنایع.
- بیورانی، ع.، علی‌نژاد ساروکلانی، م.، و جانمردی، ح. (۱۳۹۲). مطالعه‌ای درباره رفتار بازار و رقابت.
- پیرایی، ک.، و پسندیده، ع. (۱۳۸۱). اقتصاد صنعتی و ساختار بازار.
- توکلی، م.، فیروزه، م.، کریمی، ع.، و همکاران. (۱۳۹۳). تحلیل اقتصادی در صنایع تولیدی.
- خداداد کاشی، ف.، نورانی آزاد، م.، اسحاقی گرجی، ا.، کیانی هژبر، ا.، و نورانی آزاد، م. (۱۳۹۳). بررسی ساختار رقابتی بازار.
- خسروی، م.، و اسلاملوئیان، ک. (۱۳۹۵). تحلیل رقابت در بازارهای صنعتی.
- دائی کریم‌زاده، م.، شریفی رنانی، ح.، رضائی، م.، و میرفتاح، م. (۱۳۹۴). تحلیل رفتار قیمت در بازار.
- دهمرد، ن.، و کسائی، م. (۱۳۹۰). بررسی رقابت و ساختار بازار.
- دهقانپور، م.، و دهموید، م.، و فطرس، م. (۱۳۹۱). مطالعه اقتصادی بازارهای صنعتی.
- دهقانی، م. (۱۳۹۳). تحلیل بازار در اقتصاد صنعتی.
- راسخی، س.، و نظری قوجق، م. (۱۳۹۹). تحلیل رقابت در صنایع.
- رهبری گنجه، م.، و مصطفوی، ع. (۱۳۹۶). بررسی ساختار بازار و رقابت صنعتی.
- رهنمای قراملکی، ع.، صادقی، م.، رنج‌پور، م.، و متفکر آزاد، ع. (۱۳۹۱). تحلیل رقابت و ساختار بازار.
- زارع بیدکی، م.، صادقی سفیدمزگی، م.، درزی لاریجانی، ا.، و شیروانی بروجنی، ع. (۱۳۹۶). تحلیل ساختار بازار در اقتصاد ایران.
- زارع، م.، چیدری، ا.، و نعمتی، ا. (۱۳۸۹). تحلیل اقتصادی بازارهای رقابتی.
- صالحی صدقیانی، ج. (۱۳۸۶). اقتصاد صنعتی.
- شیرازی، م. (۱۳۹۸). تحلیل بازار و ساختار رقابت.
- شهیکی تاش، م.، کیانی هژبر، ا.، و نورانی آزاد، م. (۱۳۹۳). بررسی رفتار بنگاه‌ها در بازار.
- غضنفری، م.، و بدیعی، ع. (۱۳۹۶). تحلیل ساختار بازار و رقابت.
- قجری، م.، و خیرخواه، م. (۱۳۹۷). تحلیل اقتصادی رقابت در صنایع.
- کاظمی، م.، و بابائی، م. (۱۳۹۲). بررسی رقابت در بازارهای صنعتی.

- گزارش بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۳). گزارش اقتصادی سالانه. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.
- ملکی، م.، و امامی، م. (۱۳۹۳). تحلیل رقابت در صنایع تولیدی.
- نبی، م.، و تاش، م. (۱۳۹۰). بررسی ساختار بازار و رقابت.
- نشاط، م.، انواری رستمی، ع.، علی حیدری بیوکی، م.، و خادمی زارع، م. (۱۳۹۰). تحلیل رفتار بنگاه در بازار.
- نیکو، م.، محمدی، م.، و بیک زاد، م. (۱۳۸۹). بررسی ساختار بازار در اقتصاد ایران.
- حسین زاده، م.، دهقانی، م.، عامری، م.، و شهیکی تاش، م. (۱۳۹۳). تحلیل رقابت و ساختار بازار.
- Bromley, P., & Stone, M. (2024). Institutional perspectives on market competition.
- Carlton, D. W., & Perloff, J. M. (2015). *Modern industrial organization* (4th ed.). Pearson.
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). *CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide*. SPSS.
- Chen, X., & Wang, Y. (2023). Market competition and pricing strategies.
- Cohen, W. M., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2012). Innovation and knowledge management.
- Dockner, E., & Jørgensen, S. (1988). Optimal pricing strategies in dynamic models.
- Dyne, V., & Li, Q. (2022). Data-driven pricing strategies in digital markets.
- Eff, E. A., & Chang, H. (2021). Market competition and price optimization.
- Fayyad, U. M., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery: An overview. In *Advances in knowledge discovery and data mining* (pp. 1–34). AAAI Press.
- Gao, Y., & Hu, X. (2020). Market structure and pricing decisions.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
- Haessner, E., Haessner, C., & McMurtrey, M. (2023). Dynamic pricing models in digital markets.
- Heins, M., & Johnson, P. (2009). Strategic pricing and market competition.
- Huang, Y., & Wong, K. (2019). Data analytics for pricing optimization.
- IspatGuru. (2023). Pricing strategies in manufacturing industries. <https://www.ispatguru.com>
- Jantek, R., & Kearney, A. (2007). Market structure and pricing behavior.

- Kano, N. (2011). Product quality and market competitiveness.
- Kern, A., & Formoso, C. (2006). Knowledge discovery in industrial processes.
- Kim, S., & Lee, J. (2018). Data analytics and market competition.
- Knight, F. H. (2002). *Risk, uncertainty and profit*. University of Chicago Press.
- Levin, Y., McGill, J., & Nediak, M. (2008). Dynamic pricing in revenue management.
- Li, M. (2016). Big data analytics in pricing strategy.
- Li, X., & Guan, Y. (2017). Competitive pricing strategies in digital markets.
- Liu, Q., & Fisher, M. (2004). Dynamic pricing models in competitive markets.
- Lu, X. (2011). Data-driven pricing models.
- Lu, X., et al. (2020). Dynamic pricing and machine learning approaches.
- Miller, R., & Clauson, K. (2016). Pricing strategies and competition.
- Møllgaard, H. P., & Overgaard, P. B. (2001). Market competition and pricing.
- Mousavi, S., et al. (2022). Machine learning applications in pricing analytics.
- MRPeasy. (2024). Manufacturing resource planning and pricing optimization. <https://www.mrpeasy.com>
- Nagle, T. T., & Müller, G. (2018). *The strategy and tactics of pricing* (6th ed.). Routledge.
- Orella, M., et al. (2019). Data-driven pricing models.
- Park, J., & Lee, H. (2008). Competitive pricing in technology markets.
- Pepall, L., Richards, D., & Norman, G. (2014). *Industrial organization: Contemporary theory and practice*. Wiley.
- Phillips, R. (2021). *Pricing and revenue optimization*. Stanford University Press.
- Pin-Han, H., & Hui, L. (2013). Market structure and competition analysis.
- Qin, Z. (2010). Data mining techniques for business intelligence.
- Qoblex. (2025). Pricing optimization software overview. <https://www.qoblex.com>
- SAP. (2023). Pricing management in enterprise systems. <https://www.sap.com>
- SafetyCulture. (2025). Production planning and process optimization. <https://www.safetyculture.com>
- Schuh, G., Frank, M., Stich, V., & Leiting, T. (2021). Digital pricing strategies in manufacturing.
- Schuler, R. (1977). Pricing strategies in competitive markets.
- Siemens Software. (2023). Digital manufacturing and price optimization tools. <https://www.sw.siemens.com>

- Tirole, J. (1988). *The theory of industrial organization*. MIT Press.
- Usuga Cadavid, J. P., et al. (2020). Data analytics for industrial decision-making.
- Wang, H. (2005). Competitive strategies in industrial markets.
- Wang, Y., & Chen, X. (2009). Dynamic pricing models in competitive industries.
- Wu, X., Kumar, V., Ross Quinlan, J., Ghosh, J., Yang, Q., Motoda, H., ... Steinberg, D. (2013). Top 10 algorithms in data mining. *Knowledge and Information Systems*, 14(1), 1–37.
- Yang, K. (2008). Market structure and price competition.
- Yang, L., et al. (2024). Artificial intelligence and dynamic pricing strategies.
- Ye, X., et al. (2018). Machine learning approaches in pricing.
- Zhang, Y. (2013). Data mining applications in pricing analytics.
- Zhou, L., & Wang, J. (2010). Market competition and pricing behavior.