

توسعه فردی و تحول سازمانی

طراحی مدل تأثیر غیرخطی پویایی محیطی بر عملکرد سازمانی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی: مطالعه موردی شرکت‌های خودروسازی

شیوه استناددهی: جلیلی رنجبری، حسین، نقدی، سجاد، احمدیان، وحید، و رحیمی اقدم، صمد. (۱۴۰۶). طراحی مدل تأثیر غیرخطی پویایی محیطی بر عملکرد سازمانی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی: مطالعه موردی شرکت‌های خودروسازی. توسعه فردی و تحول سازمانی، ۵(۲)، ۲۴-۱.

حسین جلیلی رنجبری^۱، سجاد نقدی^{۲*}، وحید احمدیان^۳، صمد رحیمی اقدم^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت - مدیریت استراتژیک، پردیس ارس، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲. دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: S.naghdi@tabrizu.ac.ir

چکیده

تاریخ چاپ نهایی: ۱ خرداد ۱۴۰۶

تاریخ چاپ اولیه: ۲۳ شهریور ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۲۱ شهریور ۱۴۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴ شهریور ۱۴۰۵

تاریخ ارسال: ۲۸ اردیبهشت ۱۴۰۵

هدف پژوهش حاضر طراحی و ارزیابی مدلی هوشمند برای تبیین و پیش‌بینی روابط غیرخطی میان ابعاد پویایی محیطی و عملکرد سازمانی در شرکت‌های خودروسازی ایران بود. این پژوهش کاربردی، کمی، توصیفی-همبستگی و پس‌رویدادی با استفاده از داده‌های تاریخی شرکت‌های خودروسازی پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۲۰۱۳-۲۰۲۴ انجام شد. از میان جامعه اولیه ۱۰۰ شرکت، ۲۰ شرکت بر اساس نمونه‌گیری هدفمند و معیارهای تداوم فعالیت، دسترسی به اطلاعات و کامل بودن داده‌ها انتخاب شدند و واحد تحلیل شرکت-سال بود. پویایی محیطی در پنج بعد اقتصادی، فناوریانه، حقوقی/قانونی، اجتماعی و محیط‌زیستی و عملکرد سازمانی بر اساس شاخص‌های مالی و عملیاتی سنجیده شد. پس از پاکسازی و نرمال‌سازی داده‌ها، یک شبکه عصبی مصنوعی با سه لایه پنهان ۱۲۸، ۶۴ و ۳۲ نورونی، تابع فعال‌سازی ReLU و بهینه‌ساز Adam توسعه یافت. برای بهینه‌سازی مدل، الگوریتم‌های ژنتیک، ازدحام ذرات و زنبور عسل مصنوعی مقایسه و برای تعیین اهمیت نسبی ورودی‌ها تحلیل حساسیت اجرا شد. مدل پایه شبکه عصبی در مجموعه آزمون به $MSE=0.0185$ ، $RMSE=0.1360$ ، $MAE=0.105$ و $R^2=0.887$ دست یافت که بیانگر توان مناسب آن در یادگیری روابط غیرخطی بود. بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک بهترین عملکرد را در مقایسه با PSO و ABC نشان داد؛ به‌طوری‌که MSE با کاهش ۲۳۸ درصدی به ۰.۰۱۴۱ رسید و R^2 به ۰.۹۱۵ افزایش یافت. تحلیل حساسیت نیز نشان داد بعد اقتصادی با ضریب ۰.۳۱ بیشترین اهمیت پیش‌بینی‌کننده را داشت و پس از آن ابعاد فناوریانه (۰.۲۴)، حقوقی/قانونی (۰.۱۹)، اجتماعی (۰.۱۴) و محیط‌زیستی (۰.۱۲) قرار گرفتند. یافته‌ها نشان می‌دهد رابطه پویایی محیطی و عملکرد سازمانی در صنعت خودروسازی ماهیتی پیچیده و غیرخطی دارد و ترکیب شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم ژنتیک می‌تواند دقت پیش‌بینی را به‌طور محسوسی افزایش دهد. برتری عوامل اقتصادی و فناوریانه نیز ضرورت پایش مستمر محیط کلان، تقویت ظرفیت فناوریانه و استفاده از سامانه‌های هوشمند تصمیم‌یار را برای ارتقای تاب‌آوری و عملکرد شرکت‌های خودروسازی برجسته می‌سازد.

کلیدواژگان: پویایی محیطی؛ عملکرد سازمانی؛ شبکه عصبی مصنوعی؛ الگوریتم ژنتیک؛ تحلیل حساسیت؛ صنعت خودروسازی.

این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.



© ۱۴۰۶ تمامی حقوق انتشار

Personal Development and Organizational Transformation

Modeling the Nonlinear Effect of Environmental Dynamism on Organizational Performance Using Artificial Neural Networks: A Case Study of Automotive Companies

Hussain Jalili Ranjbari¹, Sajad Naghdi^{2*}, Vahid Ahmadian², Samad Rahimi Aghdam²

1. PhD Student, Department of Management - Strategic Management, Aras Campus, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Associated Professor, Department of Management, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding Author's Email: S.naghdi@tabrizu.ac.ir

How to cite: Jalili Ranjbari, H., Naghdi, S., Ahmadian, V., & Rahimi Aghdam, S. (2027). Modeling the Nonlinear Effect of Environmental Dynamism on Organizational Performance Using Artificial Neural Networks: A Case Study of Automotive Companies. *Personal Development and Organizational Transformation*, 5(2), 1-24.

Submit Date: 18 May 2026
Revise Date: 05 September 2026
Accept Date: 12 September 2026
Initial Publish: 14 September 2026
Final Publish: 22 May 2027

Abstract

This study aimed to develop and evaluate an intelligent model for explaining and predicting the nonlinear relationships between environmental dynamism and organizational performance in Iranian automotive companies. This applied, quantitative, descriptive-correlational, and ex post facto study used historical data from automotive companies listed on the Tehran Stock Exchange during 2013–2024. From an initial population of 100 companies, 20 were purposively selected based on continuity of operations, data availability, and completeness, with the company-year serving as the unit of analysis. Environmental dynamism was operationalized across five dimensions: economic, technological, legal/regulatory, social, and environmental, while organizational performance was assessed using financial and operational indicators. Following data cleaning and normalization, an artificial neural network comprising three hidden layers with 128, 64, and 32 neurons, ReLU activation functions, and the Adam optimizer was developed. Genetic Algorithm (GA), Particle Swarm Optimization (PSO), and Artificial Bee Colony (ABC) algorithms were compared for model optimization, and sensitivity analysis was conducted to determine the relative predictive importance of environmental dimensions. The baseline ANN achieved MSE=0.0185, RMSE=0.1360, MAE=0.105, and $R^2=0.887$ on the test set, demonstrating substantial predictive capability for nonlinear relationships. GA optimization produced the strongest performance compared with PSO and ABC, reducing MSE by 23.8% to 0.0141 and increasing R^2 to 0.915. Sensitivity analysis identified the economic dimension as the most influential predictor (0.31), followed by technological (0.24), legal/regulatory (0.19), social (0.14), and environmental (0.12) dimensions. Environmental dynamism exhibits a complex nonlinear relationship with organizational performance in the automotive industry. Integrating ANN with GA substantially improves predictive accuracy and explanatory performance. The predominance of economic and technological dimensions highlights the strategic importance of continuous environmental monitoring, technological capability development, and intelligent decision-support systems for strengthening organizational adaptability and performance under dynamic conditions.

Keywords: *Environmental Dynamism; Organizational Performance; Artificial Neural Network; Genetic Algorithm; Sensitivity Analysis; Automotive Industry.*



© 2027 the authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

مقدمه

محیط کسب و کار معاصر بیش از هر زمان دیگری با نوسان، عدم قطعیت، تغییرات سریع فناوری، تحول انتظارات ذی نفعان، فشارهای رقابتی، تغییرات مقرراتی و ضرورت پاسخ گویی به الزامات پایداری مشخص می شود. در چنین بستری، عملکرد سازمانی دیگر صرفاً پیامد کارایی درونی، تخصیص مناسب منابع یا اجرای برنامه های از پیش تعیین شده نیست، بلکه تا حد زیادی به توانایی سازمان برای درک، تفسیر و پاسخ به تغییرات محیطی وابسته است. از منظر مدیریت استراتژیک، پویایی محیطی بیانگر شدت، سرعت، دامنه و پیش بینی ناپذیری تغییراتی است که در محیط پیرامونی سازمان رخ می دهد و می تواند ساختار تصمیم گیری، اولویت های سرمایه گذاری، الگوی نوآوری و حتی منطق خلق ارزش سازمان را دستخوش تغییر کند. در این میان، برنامه ریزی استراتژیک زمانی می تواند به عملکرد پایدار سازمانی منجر شود که با سازوکارهای انعطاف پذیر و قابلیت بازتنظیم مستمر در برابر تحولات محیطی همراه باشد (Okech, 2025). همچنین، ارزیابی نظام مند محیط و پیوند دادن نتایج آن با تصمیم گیری راهبردی، یکی از پیش شرط های اساسی برای کاهش شکاف میان برنامه ریزی سازمانی و شرایط واقعی محیط تلقی می شود (Wiseman, 2024).

ادبیات جدید عملکرد سازمانی نیز نشان می دهد که مفهوم عملکرد از تمرکز سنتی بر شاخص های مالی فاصله گرفته و به سازه ای چندبعدی تبدیل شده است که کارایی، اثربخشی، نوآوری، یادگیری، تاب آوری، رقابت پذیری، پایداری و پاسخ گویی به ذی نفعان را دربر می گیرد. طراحی و استقرار نظام های سنجش عملکرد، زمانی اثربخش خواهد بود که شاخص ها با راهبردهای سازمان همسو باشند و امکان بازخورد مستمر برای اصلاح تصمیم ها را فراهم سازند (Keathley-Herring et al., 2024). افزون بر این، قابلیت مدیریت دانش و توان نوآوری می توانند حلقه واسطی میان منابع دانشی سازمان و ارتقای عملکرد ایجاد کنند؛ به گونه ای که استفاده مؤثر از دانش نه تنها کیفیت تصمیم گیری را افزایش می دهد، بلکه ظرفیت سازمان برای پاسخ به تغییرات را نیز تقویت می کند (Abou-Moghli, 2025). در سازمان های فناوری محور نیز پویایی قابلیت های مدیریت دانش، اشتراک دانش مبتنی بر هوش مصنوعی، حمایت سازمانی و یادگیری سازمانی به عنوان مؤلفه های مرتبط با بهبود عملکرد شغلی و سازمانی مطرح شده اند (Cui, 2025). از سوی دیگر، نقش رهبری تحول آفرین در ایجاد جهت گیری مشترک، انگیزش کارکنان و تقویت ظرفیت سازگاری سازمان نیز در مطالعات اخیر مورد توجه قرار گرفته و به عنوان یکی از عوامل زمینه ساز عملکرد بهتر شرکت ها شناخته شده است (Agazu et al., 2025).

پویایی محیطی در چنین چارچوبی می تواند هم فرصت و هم تهدید باشد. از یک سو، تغییرات بازار، فناوری و الگوهای تقاضا می توانند سازمان را به سمت نوآوری، بازطراحی مدل کسب و کار و استفاده مؤثرتر از منابع سوق دهند؛ از سوی دیگر، افزایش بیش از حد بی ثباتی می تواند هزینه های هماهنگی، ریسک تصمیم گیری و احتمال خطای راهبردی را افزایش دهد. یافته های حوزه کارآفرینی نشان داده اند که اثر جهت گیری کارآفرینانه بر عملکرد بنگاه ها به طور کامل مستقل از شرایط محیطی نیست و شدت پویایی محیطی می تواند ماهیت و قدرت این روابط را تغییر دهد (Aftab et al., 2024). در حوزه نوآوری خدمات نیز قابلیت های پویای نوآوری، مزیت رقابتی و ادراک از پویایی محیطی در توضیح تفاوت های عملکردی بنگاه ها اهمیت یافته اند (Nosratpanah et al., 2024). همچنین، در محیط های متغیر، چابکی در استفاده از رسانه های اجتماعی و ظرفیت واکنش سریع به اطلاعات بازار می تواند آثار متفاوتی بر عملکرد بنگاه ها داشته باشد و این آثار با اندازه شرکت و شرایط محیطی تعدیل شوند (Onngam & Charoensukmongkol, 2024). این شواهد نشان می دهد که رابطه محیط و عملکرد را نمی توان به یک الگوی ساده، ثابت و خطی فروکاست.

از دیدگاه قابلیت‌های سازمانی نیز عملکرد مطلوب در محیط‌های پویا مستلزم ترکیب چند قابلیت مکمل است. نوآوری در مدل کسب‌وکار زمانی به بهبود عملکرد منتهی می‌شود که سازمان بتواند قابلیت‌های مختلف خود را در قالب یک سیستم هماهنگ به کار گیرد (Kafetzopoulos et al., 2024). همین منطق در بحث پایداری مدل کسب‌وکار نیز دیده می‌شود؛ بدین معنا که پایداری صرفاً یک پیامد زیست‌محیطی نیست، بلکه به طراحی فعالیت‌ها، الگوهای خلق ارزش و نحوه پیوند میان ارزش اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی وابسته است (Lüdeke-Freund et al., 2024). در مطالعات مرتبط با عملکرد سبز نیز مشخص شده است که مسئولیت‌پذیری اجتماعی و محیطی و شدت پویایی محیط می‌تواند به‌طور هم‌زمان بر پیامدهای عملکردی اثرگذار باشند (Muliati et al., 2024). همچنین، کارآفرینی سبز و سرمایه‌ساختاری سبز در بستری که پویایی محیطی بالاست، می‌تواند نقش مهمی در پایداری کسب‌وکار ایفا کنند (Tekala et al., 2024). در حوزه مدیریت منابع انسانی نیز پیوند میان مدیریت راهبردی منابع انسانی، نوآوری سبز و عملکرد محیط‌زیستی مورد تأکید قرار گرفته و نشان داده شده است که سازوکارهای میانجی و تعدیل‌گر در توضیح این روابط اهمیت دارند (Peng et al., 2024).

تشدید دیجیتالی‌شدن کسب‌وکار، منطق تحلیل محیط و ارزیابی عملکرد را نیز تغییر داده است. سازمان‌ها اکنون با حجم عظیمی از داده‌های مالی، عملیاتی، بازار، مشتری، فناوری و محیط کلان مواجه‌اند و روش‌های سنتی تحلیل در بسیاری از موارد قادر به کشف همه الگوهای پیچیده موجود در این داده‌ها نیستند. مرورهای انجام‌شده درباره نقش کلان‌داده نشان می‌دهد که بهره‌گیری از قابلیت‌های تحلیل داده می‌تواند در ارتقای تصمیم‌گیری و عملکرد بنگاه‌ها نقش معناداری داشته باشد، به‌ویژه زمانی که محیط رقابتی نیازمند واکنش سریع و مبتنی بر شواهد است (Kgakatsi et al., 2024). در همین راستا، روش‌های مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ نیز به‌عنوان ابزارهای جدید برای استخراج بینش از داده‌های متنی و پشتیبانی از ارزیابی عملکرد مدیریتی مطرح شده‌اند (Li et al., 2024). بنابراین، حرکت از ارزیابی‌های ایستا و مبتنی بر چند شاخص محدود به سوی تحلیل‌های داده‌محور، پویا و چندمنبعی، به یکی از روندهای مهم پژوهش در حوزه عملکرد سازمانی تبدیل شده است.

هوش مصنوعی در این تحول جایگاهی ویژه دارد. توانایی الگوریتم‌های هوشمند برای یادگیری روابط پیچیده، شناسایی الگوهای غیرآشکار و ایجاد پیش‌بینی‌های مبتنی بر داده، زمینه استفاده گسترده آنها را در تصمیم‌گیری راهبردی فراهم کرده است. شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که بهره‌گیری از هوش مصنوعی می‌تواند توان واکنش انطباقی سازمان به تغییرات بازار را ارتقا داده و از طریق تقویت نوآوری، عملکرد شرکت را بهبود بخشد (Sullivan & Fosso Wamba, 2024). در سطح زنجیره تأمین نیز نوآوری مبتنی بر هوش مصنوعی با افزایش تاب‌آوری و بهبود عملکرد مرتبط دانسته شده و اهمیت پویایی زنجیره تأمین در این ارتباط مورد تأکید قرار گرفته است (Belhadi et al., 2024). این یافته‌ها به‌ویژه برای صنایعی اهمیت دارند که هم‌زمان با نوسان تقاضا، اختلالات تأمین، تحول فناوری و فشارهای رقابتی روبه‌رو هستند. در میان روش‌های هوش مصنوعی، شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل ساختار انعطاف‌پذیر و توانایی بالا در تقریب توابع پیچیده و غیرخطی، برای مدل‌سازی روابطی مناسب‌اند که شکل تابعی آنها از پیش مشخص نیست. مطالعات حوزه مدل‌سازی غیرخطی نشان داده‌اند که شبکه‌های عصبی قادرند الگوهای پیچیده و تعاملات چندمتغیره را در شرایطی شناسایی کنند که مدل‌های کلاسیک خطی با محدودیت مواجه‌اند (Shiming et al., 2024). این ویژگی در مطالعه پویایی محیطی اهمیت دوچندان دارد، زیرا اثر تغییرات اقتصادی، فناورانه، حقوقی، اجتماعی و محیط‌زیستی بر عملکرد سازمانی الزاماً مستقل، خطی یا یکنواخت نیست. ممکن است یک سطح معین از تغییرات محیطی به تحریک نوآوری و بهبود عملکرد منجر شود، در حالی که عبور از یک آستانه مشخص موجب افزایش ریسک، بی‌ثباتی و افت عملکرد شود.

از این رو، استفاده از روش‌هایی که قادر به کشف چنین الگوهای غیرخطی باشند، می‌تواند درک دقیق‌تری از رفتار سازمان در محیط‌های پویا فراهم سازد.

در سال‌های اخیر، ترکیب مدل‌های یادگیری ماشین با الگوریتم‌های بهینه‌سازی نیز به‌عنوان رویکردی مؤثر برای افزایش دقت و پایداری مدل‌ها گسترش یافته است. الگوریتم‌های فراابتکاری این امکان را فراهم می‌کنند که پارامترهای مدل در فضای جست‌وجوی پیچیده و غیرمحدب بهینه شوند و احتمال گرفتارشدن در راه‌حل‌های ضعیف کاهش یابد. پژوهش‌های مربوط به مسائل بهینه‌سازی پویا نشان داده‌اند که اصلاح سازوکارهای جست‌وجو، حافظه و حفظ تنوع جمعیت می‌تواند عملکرد الگوریتم‌ها را در مواجهه با تغییرات محیطی ارتقا دهد (Sadeghi Moghadam et al., 2025). همچنین، مدل‌سازی روابط پویای متغیرهای اقتصادی، نهادی، محیطی و اجتماعی نشان داده است که استفاده از روش‌های انعطاف‌پذیر و پویا می‌تواند تصویری دقیق‌تر از اثرگذاری‌های متغیر در طول زمان ارائه دهد (Ghadami et al., 2025). در حوزه برنامه‌ریزی تولید نیز رویکردهای داده‌محور و بهینه‌سازی پیشرفته به‌طور فزاینده‌ای برای مواجهه با عدم قطعیت و پیچیدگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

برای مثال، در برنامه‌ریزی تولید زیست‌دارو، ترکیب پیش‌بینی تقاضای مبتنی بر LSTM با الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی چندهدفه به‌عنوان چارچوبی برای هم‌زمان‌سازی تصمیمات اقتصادی و عملیاتی ارائه شده است (Salimi Zavieh et al., 2026). در پژوهشی دیگر، برنامه‌ریزی سلسله‌مراتبی تولید با بهره‌گیری از یک رویکرد داده‌محور و شبکه LSTM-Q توسعه یافته است تا پیش‌بینی تقاضا با تصمیمات برنامه‌ریزی در سطوح مختلف سازمانی یکپارچه شود (Luo et al., 2025). همچنین، بهینه‌سازی برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید در محیط کارگاهی با ترکیب شبیه‌سازی، داده و مفهوم دوقلوی دیجیتال، امکان ارزیابی سناریوهای متعدد و انتخاب تصمیمات مناسب‌تر را فراهم ساخته است (Javaid & Ullah, 2025). رویکردهای بهینه‌سازی داده‌محور نیز برای برنامه‌ریزی تولید در شرایطی توسعه یافته‌اند که تقاضا دارای ویژگی‌های متعدد و ناهمگون است (Su et al., 2025). این جریان پژوهشی بیانگر آن است که تحلیل هوشمند و بهینه‌سازی ترکیبی می‌تواند در محیط‌های واقعی، متغیر و پیچیده، از چارچوب‌های ایستا کارآمدتر باشد.

ضرورت بررسی این مسئله در صنعت خودروسازی برجسته‌تر است. صنعت خودرو یکی از صنایع سرمایه‌بر، فناوری‌محور و شبکه‌ای است که عملکرد آن تحت تأثیر طیف وسیعی از عوامل کلان و بخشی قرار دارد. تغییر قیمت نهاده‌ها، نرخ ارز، شرایط تأمین مالی، مقررات، فناوری‌های جدید، تغییر ترجیحات مصرف‌کنندگان، تحول در استانداردهای زیست‌محیطی و رقابت بین‌المللی می‌توانند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر تولید، فروش، هزینه‌ها، سودآوری و بازده دارایی‌ها اثر بگذارند. آمارهای جهانی فروش خودرو نشان‌دهنده بازاری است که به‌طور مستمر تحت تأثیر چرخه‌های اقتصادی، تحولات فناوری و تغییر در الگوهای تقاضا قرار دارد (International Organization of Motor Vehicle, 2025). در ایران نیز گزارش‌های رسمی صنعت، معدن و تجارت اهمیت پایش مستمر شاخص‌های عملکردی و وضعیت تولید و بازار خودرو را برجسته می‌سازد (Ministry of Industry & Trade, 2025). در چنین شرایطی، استفاده از یک مدل ایستا و خطی برای تحلیل عملکرد شرکت‌های خودروسازی ممکن است نتواند همه ابعاد تغییرات محیطی و برهم‌کنش میان آنها را بازنمایی کند.

علاوه بر عوامل اقتصادی و فناورانه، تحولات اجتماعی، نهادی و زیست‌محیطی نیز به بخش جدایی‌ناپذیر محیط فعالیت بنگاه‌ها تبدیل شده‌اند. توسعه رویکردهای مدیریت سبز و استفاده از تفکر سیستمی نشان می‌دهد که پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی سازمان‌ها در تعامل

با یکدیگر شکل می‌گیرند و تصمیم‌گیری درباره هر یک از این ابعاد می‌تواند بر سایر بخش‌ها اثر بگذارد (Riazi Nejad & Riazi Nejad, 2025). همچنین، مطالعات جدید درباره رهبری سبز نشان داده‌اند که رابطه میان رهبری و عملکرد می‌تواند از مسیر تاب‌آوری و پویایی محیطی شکل گیرد و از این رو محیط نه صرفاً یک زمینه بیرونی، بلکه بخشی از سازوکار توضیح عملکرد محسوب می‌شود (Wiroonrath et al., 2026). این دیدگاه با پژوهش‌هایی سازگار است که بر ضرورت ترکیب قابلیت‌های سازمانی، نوآوری و سازگاری محیطی برای دستیابی به عملکرد برتر تأکید دارند.

با وجود گسترش این ادبیات، هنوز چند خلأ اساسی قابل مشاهده است. نخست آنکه بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها رابطه پویایی محیطی و عملکرد را با استفاده از مدل‌های خطی یا مدل‌هایی بررسی کرده‌اند که شکل رابطه میان متغیرها را از پیش مفروض می‌گیرند، در حالی که شواهد نظری و تجربی از احتمال وجود الگوهای آستانه‌ای، تعاملی و غیرخطی حمایت می‌کند. دوم، بسیاری از مطالعات پویایی محیطی را به یک یا چند شاخص محدود کرده‌اند، در حالی که محیط واقعی سازمان مجموعه‌ای هم‌زمان از تغییرات اقتصادی، فناورانه، حقوقی/قانونی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. سوم، در بسیاری از پژوهش‌های مدیریت، روش‌های یادگیری ماشین عمدتاً با هدف پیش‌بینی به کار رفته‌اند و کمتر به تعیین اهمیت نسبی ابعاد محیطی و تفسیر مدیریتی آنها توجه شده است. چهارم، ظرفیت الگوریتم‌های فراابتکاری برای بهینه‌سازی ساختار و پارامترهای شبکه عصبی در تحلیل عملکرد سازمانی، به‌ویژه در صنعت خودروسازی، هنوز به‌طور کافی بررسی نشده است. شواهد مرتبط با قابلیت‌های دیجیتال، تحلیل داده و نوآوری نشان می‌دهد که سازمان‌ها برای پاسخ مؤثر به محیط‌های پیچیده نیازمند رویکردهای ترکیبی و هوشمند هستند (Belhadi et al., 2024; Kgakatsi et al., 2024; Sullivan & Fosso Wamba, 2024).

علاوه بر این، بخش مهمی از ادبیات پویایی محیطی بر این نکته تأکید دارد که شرایط محیطی می‌تواند قدرت و حتی جهت اثر منابع و قابلیت‌های سازمانی بر عملکرد را تغییر دهد. در برخی بنگاه‌ها، پویایی محیطی فرصت استفاده از قابلیت‌های کارآفرینانه و نوآورانه را افزایش می‌دهد، در حالی که در سایر موارد ممکن است باعث کاهش ثبات، افزایش هزینه‌های سازگاری و تضعیف مزیت رقابتی شود (Aftab et al., 2024; Nosratpanah et al., 2024). همچنین، توانایی سازمان در طراحی مدل کسب‌وکار متناسب با محیط، توسعه قابلیت‌های مکمل و ایجاد سازوکارهای یادگیری، از عوامل تعیین‌کننده در تبدیل فشارهای محیطی به فرصت‌های عملکردی است (Kafetzopoulos et al., 2024; Lüdeke-Freund et al., 2024). از این منظر، تحلیل پویایی محیطی باید فراتر از سنجش سطح متغیرها باشد و تغییرات، نوسانات و بی‌ثباتی زمانی آنها را نیز دربر گیرد.

مطالعات حوزه پایداری و مسئولیت محیطی نیز این پیچیدگی را تقویت می‌کنند. نتایج مربوط به عملکرد سبز، کارآفرینی سبز و مدیریت منابع انسانی سبز نشان می‌دهد که پیامدهای سازمانی حاصل برهم‌کنش چند عامل و وابسته به شرایط محیطی هستند (Muliati et al., 2024; Peng et al., 2024; Tekala et al., 2024). در همین راستا، پاسخ‌گویی به محیط پویا مستلزم آن است که سازمان هم‌زمان ظرفیت‌های فناورانه، دانشی، انسانی و مدیریتی خود را ارتقا دهد. چنین رویکردی با دیدگاه‌هایی که بر سنجش چندبعدی عملکرد، توسعه قابلیت نوآوری، مدیریت دانش و رهبری تحول‌آفرین تأکید دارند همسو است (Abou-Moghli, 2025; Agazu et al., 2025; Keathley-Herring et al., 2024). بنابراین، مسئله اصلی دیگر صرفاً این نیست که آیا پویایی محیطی بر عملکرد اثر دارد، بلکه این است که الگوی این رابطه چگونه شکل می‌گیرد، کدام ابعاد محیطی از اهمیت بیشتری برخوردارند و آیا مدل‌های هوشمند می‌توانند این رابطه چندبعدی و غیرخطی را با دقت بیشتری بازنمایی کنند.

بر این اساس، هدف پژوهش حاضر طراحی و ارزیابی مدلی برای تبیین و پیش‌بینی تأثیر غیرخطی ابعاد اقتصادی، فناورانه، حقوقی/قانونی، اجتماعی و محیط‌زیستی پویایی محیطی بر عملکرد سازمانی شرکت‌های خودروسازی ایران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و تحلیل حساسیت است.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی است؛ زیرا نتایج آن می‌تواند در شناسایی الگوهای رفتاری محیط و بهبود تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و راهبردی در صنعت خودروسازی مورد استفاده قرار گیرد. از نظر ماهیت و روش، این پژوهش کمی و از نوع توصیفی - همبستگی است؛ زیرا به دنبال بررسی رابطه میان متغیرهای پژوهش بر پایه داده‌های عددی و تاریخی است. همچنین، با توجه به اینکه داده‌ها از اطلاعات واقعی ثبت‌شده در دوره گذشته استخراج شده‌اند، پژوهش از نوع پس‌رویدادی محسوب می‌شود. منطق حاکم بر پژوهش نیز استقرایی است؛ بدین معنا که بر اساس داده‌های تجربی، الگوی رابطه میان ابعاد پویایی محیطی و عملکرد سازمانی شناسایی و مدل‌سازی می‌شود.

قلمرو زمانی پژوهش سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۳ را دربر می‌گیرد. با توجه به ماهیت داده‌ها، واحد تحلیل در این پژوهش شرکت-سال است؛ بدین معنا که برای هر شرکت خودروساز پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران، داده‌ها در هر سال به صورت جداگانه گردآوری و تحلیل شده‌اند. بر این اساس، نمونه نهایی پژوهش بر پایه مشاهدات شرکت-سال شکل گرفته است. از میان جامعه آماری اولیه که شامل ۱۰۰ شرکت بوده، پس از اعمال معیارهای غربال‌گری نظیر تداوم فعالیت، دسترسی به اطلاعات مالی و عملیاتی، و کامل بودن داده‌ها در کل بازه زمانی پژوهش، ۲۰ شرکت به عنوان نمونه نهایی انتخاب شدند. در نتیجه، تعداد نهایی مشاهدات برابر با تعداد شرکت‌ها در تعداد سال‌های مورد بررسی است که پس از حذف داده‌های ناقص، مبنای تحلیل قرار گرفته‌اند.

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه شرکت‌های خودروساز پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران است. انتخاب این جامعه به دلیل دسترسی به صورت‌های مالی، گزارش‌های عملکرد و داده‌های ساختاریافته صورت گرفته است. از آنجا که در مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین، کیفیت و پیوستگی داده‌ها اهمیت زیادی دارد، نمونه‌گیری به صورت هدفمند و با لحاظ معیارهای ورود انجام شد تا داده‌های قابل اتکا برای آموزش، اعتبارسنجی و آزمون مدل فراهم شود.

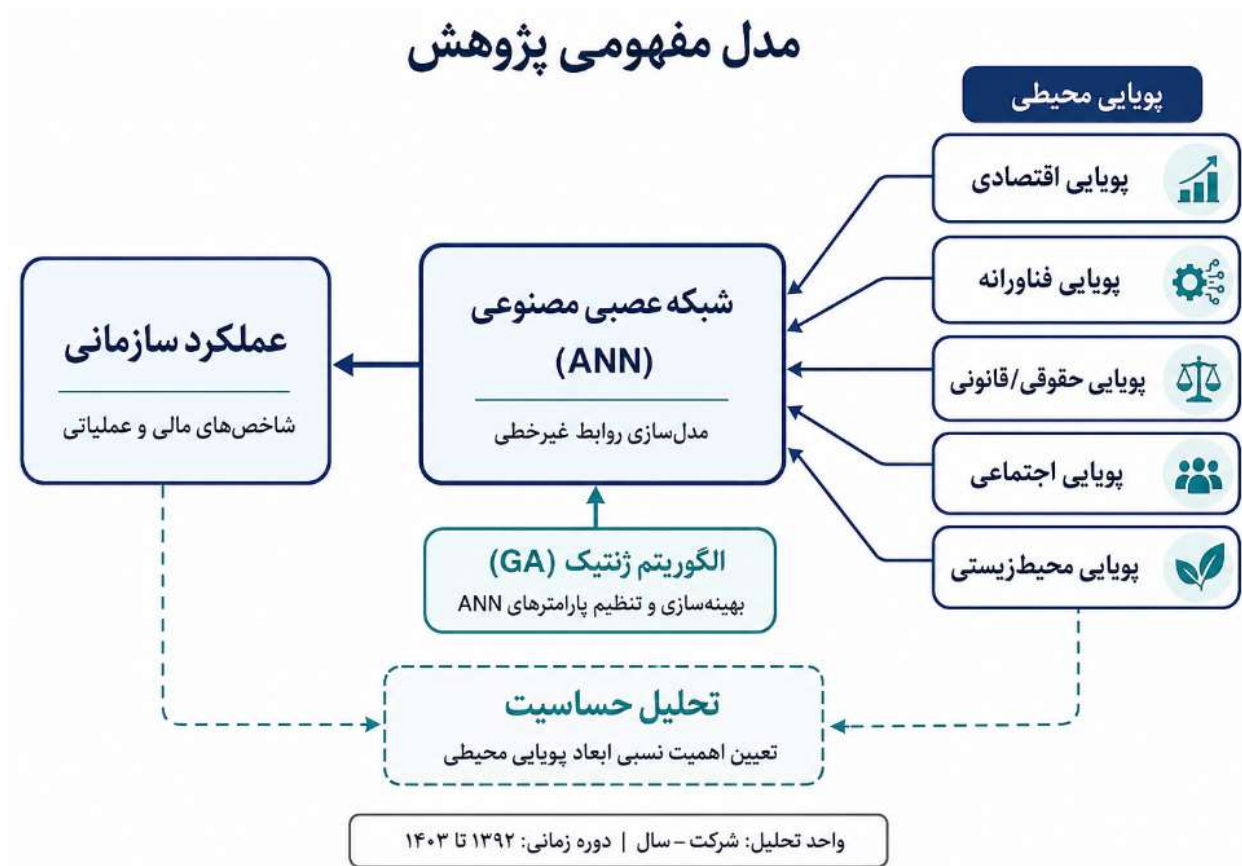
متغیر وابسته این پژوهش، عملکرد سازمانی است. برای پرهیز از ابهام، این متغیر باید به صورت دقیق و بر اساس شاخص‌های مشخص اندازه‌گیری شود. در این پژوهش، عملکرد سازمانی می‌تواند بر مبنای یکی از دو رویکرد زیر تعریف شود:

۱. رویکرد مالی: شاخص‌هایی مانند بازده دارایی‌ها (ROA)، بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)، حاشیه سود خالص، یا ارزش بازار شرکت؛

۲. رویکرد ترکیبی: ترکیبی از شاخص‌های مالی و عملیاتی مانند ROA، ROE، نسبت Q توبین، رشد فروش، و بهره‌وری عملیاتی. متغیر مستقل پژوهش، پویایی محیطی است که در ابعاد اقتصادی، فناورانه، حقوقی/قانونی، اجتماعی و محیط‌زیستی سنجیده شده است. با توجه به نقدهای واردشده، باید توجه داشت که صرف استفاده از شاخص‌هایی مانند تورم، بیکاری، HDI یا EPI لزوماً بیانگر «پویایی» نیست، بلکه این شاخص‌ها بیشتر وضعیت محیط را نشان می‌دهند. بنابراین، برای سنجش پویایی محیطی، بهتر است از نرخ تغییر، نوسان، انحراف معیار، ضریب تغییرات یا شاخص‌های بی‌ثباتی و عدم قطعیت محیطی در دوره زمانی مورد بررسی استفاده شود. به طور مثال، پویایی محیطی می‌تواند به صورت تغییرات سالانه شاخص‌های اقتصادی، فناورانه و قانونی در طول زمان تعریف شود، نه صرفاً سطح آن‌ها.

مدل مفهومی پژوهش بر این فرض استوار است که ابعاد مختلف پویایی محیطی می‌توانند به صورت هم‌زمان و غیرخطی بر عملکرد سازمانی اثرگذار باشند. در این مدل:

- ورودی‌ها: ابعاد پویایی محیطی
- خروجی: عملکرد سازمانی
- رابطه میان متغیرها: غیرخطی و چندبعدی



شکل ۱: مدل مفهومی

داده‌های مربوط به متغیرهای پژوهش از گزارش‌های مالی و اطلاعات منتشرشده شرکت‌ها، پایگاه‌های آماری رسمی و منابع معتبر مرتبط استخراج شد. پس از جمع‌آوری، داده‌ها در چند مرحله پاک‌سازی، یکسان‌سازی، رفع داده‌های پرت، و نرمال‌سازی شدند تا برای ورود به مدل مناسب شوند.

برای نرمال‌سازی، از روش‌هایی مانند Min-Max یا Z-score استفاده شده است؛ لازم است در نسخه نهایی، روش دقیق نرمال‌سازی به صورت صریح ذکر شود. همچنین، در صورت وجود داده‌های مالی اسمی، متغیرهای پولی باید بر اساس شاخص قیمت مصرف‌کننده یا شاخص‌های تعدیل تورمی، به قیمت‌های ثابت تبدیل شوند.

برای تحلیل روابط میان متغیرها و مدل‌سازی الگوهای پیچیده و غیرخطی، از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. دلیل انتخاب این روش، توانایی آن در شناسایی روابط غیرخطی و تعاملات پیچیده میان متغیرهای ورودی و خروجی است. با این حال، به منظور افزایش دقت و

بهینه‌سازی عملکرد مدل، از الگوریتم ژنتیک برای تنظیم برخی پارامترهای مدل استفاده شد. همچنین، برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از ابعاد پویایی محیطی در پیش‌بینی عملکرد سازمانی، از تحلیل حساسیت بهره گرفته شد. برای جلوگیری از ابهام و افزایش قابلیت بازتولید، لازم است مشخصات شبکه عصبی به صورت دقیق گزارش شود. در نسخه نهایی باید موارد زیر ذکر شوند:

- نوع شبکه: پس‌انتشار خطا
- ساختار لایه‌ها: تعداد لایه‌های ورودی، پنهان و خروجی
- تعداد نورون‌ها در هر لایه
- تابع فعال‌سازی
- نرخ یادگیری
- تعداد epoch
- معیار توقف
- روش جلوگیری از بیش‌برازش، مانند early stopping یا regularization
- نحوه تقسیم داده‌ها به آموزش، اعتبارسنجی و آزمون

همچنین، با توجه به محدود بودن حجم داده، استفاده از معماری‌های بسیار بزرگ مانند ۱۲۸، ۶۴ و ۳۲ نورون بدون توجیه فنی، احتمال بیش‌برازش را افزایش می‌دهد. بنابراین بهتر است معماری شبکه متناسب با حجم داده و با آزمون چندین ساختار جایگزین انتخاب شده باشد. الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی پارامترهای مدل به کار رفته است. برای شفافیت، لازم است در متن روش تحقیق پارامترهای اصلی آن مشخص شود، از جمله:

- اندازه جمعیت
- تعداد نسل‌ها
- نرخ جهش
- نرخ تقاطع
- تابع برازندگی
- معیار توقف

بدون ارائه این مشخصات، بازتولید نتایج امکان‌پذیر نخواهد بود.

برای ارزیابی عملکرد مدل، از شاخص‌هایی مانند MAE، MSE، RMSE و ضریب تعیین R^2 استفاده می‌شود. همچنین لازم است نتایج آموزش، اعتبارسنجی و آزمون به صورت جداگانه گزارش شوند تا از نشت اطلاعات جلوگیری شود. در صورتی که ادعای غیرخطی بودن رابطه مطرح می‌شود، باید یک مدل خطی مبنا نیز برآورد و با مدل شبکه عصبی مقایسه شود تا برتری مدل غیرخطی به صورت تجربی نشان داده شود.

برای تعیین اهمیت نسبی متغیرهای ورودی، از تحلیل حساسیت استفاده شده است. در این روش، با تغییر تدریجی هر ورودی و بررسی تغییرات خروجی، میزان تأثیر نسبی متغیرها بر عملکرد مدل محاسبه می‌شود. لازم است در نسخه نهایی، فرمول دقیق یا روش محاسبه اهمیت متغیرها به روشنی بیان شود؛ زیرا ضرایب اهمیت به دست آمده نباید به اشتباه معادل «اثر علی» تفسیر شوند، بلکه تنها بیانگر اهمیت پیش‌بینی‌کننده متغیرها در مدل هستند.

با توجه به ماهیت داده‌های مشاهده‌ای و روش تحلیلی به‌کاررفته، این پژوهش امکان استنباط علّیت قطعی را فراهم نمی‌کند و نتایج آن باید در سطح رابطه، پیش‌بینی و اهمیت نسبی متغیرها تفسیر شود، نه علت و معلول مستقیم. همچنین، برای افزایش اعتبار نتایج، لازم است:

- آزمون‌های تکراری انجام شود،
- از seed ثابت برای بازتولید نتایج استفاده گردد،
- مشخصات نرم‌افزار و زبان برنامه‌نویسی گزارش شود،
- داده‌ها و کدها تا حد امکان در دسترس قرار گیرند.

در مجموع، پژوهش حاضر یک مطالعه کمی، کاربردی، توصیفی - همبستگی و پس‌رویدادی است که با استفاده از داده‌های شرکت‌سال در دوره زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۳ انجام می‌شود. در این پژوهش، پویایی محیطی در ابعاد مختلف به‌صورت عملیاتی و مبتنی بر تغییرات و نوسانات زمانی سنجیده شده و عملکرد سازمانی نیز با شاخص یا ترکیبی از شاخص‌های مالی و عملیاتی اندازه‌گیری شده است. سپس با بهره‌گیری از شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک و تحلیل حساسیت، روابط میان متغیرها مدل‌سازی و اهمیت نسبی ابعاد مختلف پویایی محیطی در تبیین عملکرد سازمانی بررسی شده است.

یافته‌ها

در بخش آمار توصیفی، متغیرهای پژوهش در سه گروه اصلی شامل شاخص‌های پویایی محیطی، متغیرهای تولید و فروش، و شاخص‌های عملکرد مالی بررسی شدند. نتایج نشان می‌دهد که در میان ابعاد پویایی محیطی، شاخص‌های اقتصادی به‌ویژه رشد اقتصادی، تورم و بیکاری از نوسان قابل توجهی برخوردار بوده‌اند؛ در بعد فناورانه نیز وضعیت نوآوری کشور در سطحی متوسط ارزیابی می‌شود. شاخص‌های حقوقی/قانونی و محیط‌زیستی نیز دامنه تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند و در بعد اجتماعی، شاخص توسعه انسانی و امید به زندگی از ثبات بیشتری برخوردار بوده‌اند. از سوی دیگر، آمار توصیفی متغیرهای تولید و فروش نشان می‌دهد که بین حجم تولید و فروش ماهانه هماهنگی نسبی وجود دارد و مقادیر فروش داخلی و صادراتی نیز بیانگر سطح قابل قبول فعالیت عملیاتی شرکت است. همچنین، شاخص‌های عملکرد مالی از جمله سود خالص، بازده دارایی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام بیانگر وضعیت نسبتاً باثبات و قابل قبول عملکرد مالی در دوره مورد بررسی هستند. در مجموع، این یافته‌ها تصویری جامع از وضعیت متغیرهای پژوهش ارائه می‌کنند و مبنای مناسبی برای تحلیل‌های بعدی و مدل‌سازی شبکه عصبی فراهم می‌سازند.

توسعه فردی و تحول سازمانی

جدول ۱: خلاصه آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

گروه متغیر	مهم ترین شاخص ها	جمع بندی توصیفی
پویایی محیطی	رشد اقتصادی، تورم، بیکاری، نوآوری، حاکمیت قانون، HDI, EPI	شاخص های محیطی دارای نوسان و تغییرات معنادار در ابعاد اقتصادی، فناورانه، حقوقی، اجتماعی و محیط زیستی بوده اند.
تولید و فروش	تعداد تولید، تعداد فروش، فروش داخلی، فروش صادراتی	بین تولید و فروش ماهانه هماهنگی نسبی مشاهده می شود و حجم فعالیت عملیاتی شرکت در سطح قابل توجهی قرار دارد.
عملکرد مالی	سود خالص، حقوق صاحبان سهام، دارایی ها، ROE، ROA	شاخص های مالی بیانگر عملکرد نسبتاً باثبات و بازدهی قابل قبول شرکت در دوره مورد بررسی هستند.

تحلیل الگوهای زمانی داده ها نشان می دهد که شاخص های مالی شرکت در مجموع از روندی مثبت برخوردار بوده اند. سود خالص با وجود نوسانات سالانه، به طور کلی مسیر افزایشی را طی کرده و میانگین آن ۸۵۰,۵۰۰ میلیون ریال بوده است. همچنین حقوق صاحبان سهام با میانگین ۶,۵۰۰,۰۰۰ میلیون ریال و جمع دارایی ها با میانگین ۱۵,۸۰۰,۰۰۰ میلیون ریال روندی افزایشی داشته اند که بیانگر رشد و توسعه شرکت در دوره مورد بررسی است. از سوی دیگر، شاخص های بازدهی شامل ROE و ROA هرچند نوسانی بوده اند، اما به طور کلی در سطح نسبتاً باثباتی حفظ شده اند.

در خصوص شاخص های محیطی نیز نتایج نشان می دهد که بعد اقتصادی بیشترین نوسان را داشته است؛ به ویژه نرخ تورم با میانگین ۲۷.۴۰ و انحراف معیار ۱۲.۷۲ که بیانگر بی ثباتی بالا در این بعد است. در مقابل، شاخص های فناورانه و اجتماعی روندی نسبتاً مثبت و رو به بهبود داشته اند؛ به عنوان مثال، میانگین شاخص نوآوری ۳۱.۸۱ و میانگین شاخص توسعه انسانی ۰.۷۷۸۵ بوده است. همچنین شاخص محیط زیستی EPI با میانگین ۴۹.۸۰ و انحراف معیار ۱۱.۳۱ نوسانات قابل توجهی را نشان می دهد. در مجموع، این الگوها نشان می دهند که متغیرهای محیطی و مالی در طول زمان رفتار یکسانی نداشته و رابطه آن ها با عملکرد سازمانی نیازمند تحلیل های پیشرفته تر است.

جدول ۲: عددی خلاصه الگوهای زمانی متغیرها

الف) شاخص های عملکرد مالی

متغیر	میانگین	انحراف معیار	روند کلی
سود (زیان) خالص پس از کسر مالیات (میلیون ریال)	۸۵۰/۵۰۰	۲۱۰/۸۰۰	افزایشی با نوسانات
حقوق صاحبان سهام (میانگین) (میلیون ریال)	۶/۵۰۰/۰۰۰	۹۵۰/۰۰۰	افزایشی
جمع دارایی ها (میانگین) (میلیون ریال)	۱۵/۸۰۰/۰۰۰	۲/۱۰۰/۰۰۰	افزایشی
بازده حقوق صاحبان سهام (%) (ROE)	۱۳/۵۰	۲/۵۰	نوسانی، نسبتاً باثبات
بازده دارایی ها (%) (ROA)	۵/۳۸	۰/۸۸	نوسانی، نسبتاً باثبات

ب) شاخص های محیطی

بعد محیطی	متغیر	میانگین	انحراف معیار	روند کلی
اقتصادی	رشد اقتصادی (%)	۲/۸۱	۴/۵۱	نوسانی، با روند کلی صعودی در برخی دوره ها
اقتصادی	نرخ تورم (%)	۲۷/۴۰	۱۲/۷۲	افزایشی و پرنوسان
اقتصادی	نرخ بیکاری (%)	۱۰/۵۸	۱/۵۱	نوسانی، نسبتاً باثبات
اقتصادی	تراز جاری (% تولید ناخالص داخلی)	۱/۵۹	۱/۶۶	نوسانی، حول صفر
فناورانه	امتیاز شاخص نوآوری	۳۱/۸۱	۱/۷۲	افزایشی تدریجی
حقوقی/قانونی	امتیاز حاکمیت قانون	۰/۳۷	۰/۰۸	نوسانی، با ثبات نسبی
حقوقی/قانونی	امتیاز کلی (۱۰۰-۰)	۳۸/۴۳	۸/۲۵	نوسانی
حقوقی/قانونی	امتیاز نرمال شده (۱۰۰-۰)	۷۷/۸۴	۳۱/۵۳	نوسانی

Personal Development and Organizational Transformation

محیط‌زیستی	EPI امتیاز کل	۴۹/۸۰	۱۱/۳۱	نوسانی، با تمایل به کاهش در برخی دوره‌ها
اجتماعی	شاخص توسعه انسانی =	۰/۷۷۸۵	۰/۰۰۳۹	افزایشی تدریجی
اجتماعی	امید به زندگی (سال)	۷۵/۲۱	۰/۹۹	افزایشی
اجتماعی	رتبه جهانی توسعه انسانی	۷۴/۵۵	۴/۳۲	بهبود نسبی در رتبه

نتایج حاصل از طراحی، آموزش، اعتبارسنجی و آزمون مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان می‌دهد که مدل نهایی از توان مناسبی برای تبیین و پیش‌بینی رابطه بین پویایی‌های محیطی و عملکرد سازمانی برخوردار است. معماری منتخب شامل سه لایه پنهان با ۱۲۸، ۶۴ و ۳۲ نرون بوده که با استفاده از تابع فعال‌سازی ReLU در لایه‌های پنهان و تابع خطی در لایه خروجی، توانسته است الگوهای غیرخطی موجود در داده‌ها را به خوبی یاد بگیرد. همچنین استفاده از بهینه‌ساز Adam و تابع هزینه MSE موجب شده است که فرایند آموزش با همگرایی مناسب همراه باشد. مقادیر به دست آمده برای شاخص‌های ارزیابی در مجموعه‌های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون نشان می‌دهد که مدل از دقت پیش‌بینی مطلوب و قابلیت تعمیم‌پذیری مناسبی برخوردار است؛ به گونه‌ای که ضریب تعیین بالا و مقادیر پایین خطاها، بیانگر موفقیت مدل در توضیح بخش قابل توجهی از تغییرات عملکرد سازمانی بر اساس متغیرهای محیطی است.

جدول ۳: خلاصه نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی

بخش	شاخص / ویژگی	مقدار
معماری مدل	تعداد لایه‌های پنهان	۳
معماری مدل	تعداد نرون‌های لایه پنهان اول	۱۲۸
معماری مدل	تعداد نرون‌های لایه پنهان دوم	۶۴
معماری مدل	تعداد نرون‌های لایه پنهان سوم	۳۲
معماری مدل	تابع فعال‌سازی لایه‌های پنهان	ReLU
معماری مدل	تابع فعال‌سازی لایه خروجی	Linear
معماری مدل	بهینه‌ساز	Adam
معماری مدل	تابع هزینه	MSE
آموزش	MSE مجموعه آموزش	۰/۰۱۵۲
آموزش	R ² مجموعه آموزش	۰/۹۰۵
اعتبارسنجی	MSE مجموعه اعتبارسنجی	۰/۰۱۹۸
اعتبارسنجی	R ² مجموعه اعتبارسنجی	۰/۸۷۹
آزمون	MSE مجموعه آزمون	۰/۱۸۵
آزمون	RMSE مجموعه آزمون	۰/۱۳۶۰
آزمون	MAE مجموعه آزمون	۰/۱۰۵
آزمون	R ² مجموعه آزمون	۰/۸۸۷

در این بخش، به منظور ارتقای عملکرد مدل شبکه عصبی و دستیابی به بهینه‌ترین ساختار، تأثیر سه الگوریتم فراابتکاری شامل الگوریتم ژنتیک، ازدحام ذرات و زنبور عسل مصنوعی بر پارامترهای مدل بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که هر سه الگوریتم قادر به بهبود عملکرد مدل پایه بوده‌اند، با این حال الگوریتم ژنتیک با دستیابی به کمترین میزان خطا و بالاترین ضریب تعیین، عملکردی متمایز از خود نشان داد. به طور مشخص، مدل بهینه‌سازی شده با الگوریتم ژنتیک با کاهش ۲۳/۸ درصدی در MSE و افزایش به ۰/۹۱۵ در ضریب تعیین، توانمندی بالایی

در استخراج الگوهای غیرخطی پیچیده و توضیح واریانس متغیرهای عملکرد سازمانی در صنعت خودروسازی داشته است. بر این اساس، مدل بهینه‌سازی شده با GA به عنوان مدل برتر نهایی پژوهش برای پیش‌بینی و تحلیل روابط متغیرها انتخاب گردید.

جدول ۴: مقایسه عملکرد مدل پایه و مدل‌های بهینه‌سازی شده

مدل	MSE	RMSE	MAE	R ²	رتبه
مدل پایه (Adam)	۰/۰۱۸۵	۰/۱۳۶۰	۰/۱۰۵	۰/۸۸۷	۴
بهینه‌شده با GA	۰/۰۱۴۱	۰/۱۱۸۷	۰/۰۸۹	۰/۹۱۵	۱
بهینه‌شده با PSO	۰/۰۱۵۵	۰/۱۲۴۵	۰/۰۹۸	۰/۹۰۲	۲
بهینه‌شده با ABC	۰/۰۱۶۲	۰/۱۲۷۳	۰/۱۰۱	۰/۸۹۸	۳

ارزیابی جامع عملکرد مدل‌های مورد بررسی نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی بهینه‌سازی شده با الگوریتم ژنتیک، در مقایسه با سایر مدل‌های آزمون‌شده، از بالاترین سطح دقت و قدرت تبیین برخوردار است. این مدل با دستیابی به کمترین مقدار خطا $MSE = 0.0141$ و بیشترین ضریب تعیین $R^2 = 0.915$ توانسته است حدود ۹۱.۵ درصد از تغییرات عملکرد سازمانی را بر اساس شاخص‌های پویایی محیطی تبیین کند. همچنین، مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی نشان‌دهنده انطباق بالای خروجی مدل با داده‌های مشاهده‌ای و میانگین خطای بسیار پایین در سطح نمونه‌هاست که بیانگر توان مناسب مدل در بازنمایی الگوهای موجود در داده‌ها می‌باشد.

با این حال، برای ادعای علمی درباره غیرخطی بودن رابطه میان پویایی محیطی و عملکرد سازمانی، صرف برتری یک شبکه عصبی نسبت به سایر نسخه‌های بهینه‌سازی شده آن کافی نیست؛ بلکه لازم است عملکرد این مدل با یک مدل خطی مبنا نیز مقایسه شود. از این رو، برای آزمون ماهیت رابطه، باید یک مدل رگرسیون خطی چندگانه به عنوان مدل پایه برآورد و شاخص‌های برازش آن با مدل شبکه عصبی مقایسه شود. در صورتی که مدل خطی دارای ضریب تعیین کمتر و خطای پیش‌بینی بیشتری نسبت به مدل شبکه عصبی باشد، می‌توان نتیجه گرفت که روابط میان متغیرهای ورودی و عملکرد سازمانی به‌طور کامل با یک ساختار خطی قابل توضیح نیست و الگوی ارتباطی آن‌ها دارای ابعاد پیچیده‌تر و غیرخطی است. بنابراین، ادعای غیرخطی بودن رابطه زمانی از پشتوانه تجربی کافی برخوردار خواهد بود که مقایسه مستقیم میان مدل خطی و مدل غیرخطی در نتایج مقاله گزارش شود.

به منظور تفسیر بهتر نقش هر یک از ابعاد پویایی محیطی در تغییرات عملکرد سازمانی، تحلیل حساسیت بر روی مدل نهایی انجام شد. نتایج این تحلیل نشان داد که بعد اقتصادی با ضریب حساسیت ۰.۳۱ بیشترین سهم را در تغییرات عملکرد سازمانی دارد. این یافته نشان می‌دهد که صنعت خودروسازی بیش از هر چیز تحت تأثیر متغیرهایی نظیر رشد اقتصادی، تورم، بیکاری و تراز جاری قرار دارد؛ زیرا این متغیرها مستقیماً بر هزینه تولید، قدرت خرید بازار، سرمایه‌گذاری، نقدینگی و ثبات تصمیم‌گیری‌های کلان بنگاه اثر می‌گذارند. از این منظر، هرگونه نوسان در محیط اقتصادی می‌تواند به سرعت در سطح عملکرد سازمانی منعکس شود.

پس از آن، بعد فناورانه با ضریب حساسیت ۰.۲۴ در رتبه دوم قرار گرفته است. اهمیت این بعد بیانگر آن است که شاخص‌هایی نظیر نوآوری، ظرفیت فناوری و توان جذب دانش‌های جدید، نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقای بهره‌وری، کیفیت محصول، رقابت‌پذیری و سرعت واکنش شرکت‌های خودروسازی به تحولات بازار دارند. در صنعتی که به شدت تحت فشار رقابت و تحول فناوری قرار دارد، ضعف در این حوزه می‌تواند به کاهش مزیت رقابتی و افت عملکرد منجر شود.

همچنین، بعد حقوقی/قانونی با ضریب ۰.۱۹ در رتبه سوم قرار دارد که نشان می‌دهد ثبات مقررات، کیفیت حکمرانی و قابلیت پیش‌بینی‌پذیری محیط حقوقی، اثر قابل توجهی بر تصمیم‌گیری‌های راهبردی سازمان دارد. این موضوع به‌ویژه در صناعی مانند خودروسازی که وابسته به سیاست‌گذاری‌های صنعتی، تجاری و استانداردهای قانونی هستند، از اهمیت بالایی برخوردار است. در ادامه، بعد اجتماعی با ضریب ۰.۱۴ و بعد محیط‌زیستی با ضریب ۰.۱۲ قرار گرفته‌اند. هرچند اثر این دو بعد در مقایسه با ابعاد اقتصادی و فناورانه کمتر است، اما این امر به معنای بی‌اهمیت بودن آن‌ها نیست؛ بلکه نشان می‌دهد اثرگذاری آن‌ها در کوتاه‌مدت کمتر آشکار بوده و بیشتر در افق‌های میان‌مدت و بلندمدت بر مشروعیت اجتماعی، سرمایه انسانی، مسئولیت‌پذیری سازمانی و پایداری عملکرد اثر می‌گذارد.

در مجموع، تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که عملکرد سازمانی در صنعت خودروسازی بیش از همه از تحولات اقتصادی و فناورانه تأثیر می‌پذیرد و سایر ابعاد محیطی نیز با شدت کمتر اما معنادار در این فرآیند نقش دارند. بنابراین، مدیران این صنعت باید در تدوین راهبردهای خود، علاوه بر رصد مستمر شاخص‌های کلان اقتصادی، بر ارتقای توان فناورانه، انطباق حقوقی و توجه به الزامات اجتماعی و محیط‌زیستی نیز تمرکز کنند.

جدول ۵. خلاصه ارزیابی عملکرد مدل‌ها و تحلیل حساسیت مدل نهایی

بخش ارزیابی	مدل / متغیر	مقدار شاخص	تفسیر
MSE	مدل پایه (Adam)	۰/۰۱۸۵	خطای قابل قبول، اما بیشتر از مدل‌های بهینه‌شده
	بهینه‌شده با GA	۰/۰۱۴۱	کمترین خطا و بهترین عملکرد
	بهینه‌شده با PSO	۰/۰۱۵۵	بهبود نسبت به مدل پایه
	بهینه‌شده با ABC	۰/۰۱۶۲	بهبود نسبت به مدل پایه، اما ضعیف‌تر از GA و PSO
R ² R ² R ²	مدل پایه ((Adam	۰/۸۸۷	قدرت تبیین مناسب
	بهینه‌شده با GA	۰/۹۱۵	بیشترین قدرت تبیین
	بهینه‌شده با PSO	۰/۹۰۲	بالتر از مدل پایه
	بهینه‌شده با ABC	۰/۸۹۸	بهبود یافته نسبت به مدل پایه
انطباق پیش‌بینی	میانگین خطای مطلق نمونه‌ها	۰/۰۲≈	انطباق بالا میان مقادیر پیش‌بینی‌شده و واقعی
تحلیل حساسیت	اقتصادی	۰/۳۱	رتبه ۱؛ بیشترین اثر بر عملکرد سازمانی
	فناورانه	۰/۲۴	رتبه ۲؛ اثر بالا بر رقابت‌پذیری و نوآوری
	حقوقی/قانونی	۰/۱۹	رتبه ۳؛ اثر بر ثبات و پیش‌بینی‌پذیری تصمیمات
	اجتماعی	۰/۱۴	رتبه ۴؛ اثر متوسط بر سرمایه انسانی و مشروعیت اجتماعی
	محیط‌زیستی	۰/۱۲	رتبه ۵؛ اثر کمتر در کوتاه‌مدت، مهم در بلندمدت

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی رابطه میان پویایی محیطی و عملکرد سازمانی در صنعت خودروسازی از قدرت تبیین و پیش‌بینی مطلوبی برخوردار است. مدل پایه شبکه عصبی با سه لایه پنهان ۱۲۸، ۶۴ و ۳۲ نورونی، تابع فعال‌سازی ReLU و بهینه‌ساز Adam در مجموعه آزمون به MSE برابر با ۰.۰۱۸۵، RMSE برابر با ۰.۱۳۶۰، MAE برابر با ۰.۱۰۵ و ضریب تعیین ۰.۸۸۷ دست یافت؛ به بیان دیگر، مدل توانست بخش قابل توجهی از تغییرات عملکرد سازمانی را بر اساس الگوهای موجود در متغیرهای محیطی بازنمایی کند. این یافته مؤید آن است که ارتباط میان محیط بیرونی و عملکرد سازمان در صنعت خودرو را می‌توان با رویکردهای مبتنی بر یادگیری غیرخطی با دقت مناسبی پیش‌بینی کرد. اهمیت این نتیجه زمانی برجسته‌تر می‌شود که در نظر گرفته شود محیط سازمان از مجموعه‌ای از عوامل هم‌زمان، متعامل و متغیر تشکیل شده است و در چنین شرایطی فرض یک رابطه ساده و ثابت میان متغیرهای

محیطی و عملکردی می‌تواند بخش مهمی از پیچیدگی واقعی را نادیده بگیرد. مطالعات انجام‌شده در زمینه مدل‌سازی غیرخطی نیز نشان داده‌اند که شبکه‌های عصبی به دلیل توانایی یادگیری روابط پیچیده، تعاملات چندمتغیره و الگوهای که تابع ریاضی آنها از پیش مشخص نیست، برای تحلیل سیستم‌های پویا مناسب‌اند (Shiming et al., 2024). همچنین، شواهد مربوط به هوش مصنوعی و پاسخ انطباقی سازمان‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم‌های هوشمند می‌توانند ظرفیت سازمان برای تحلیل تغییرات بازار، نوآوری و بهبود عملکرد را تقویت کنند (Sullivan & Fosso Wamba, 2024).

در مرحله بعد، مقایسه مدل پایه با نسخه‌های بهینه‌شده با سه الگوریتم فراابتکاری نشان داد که هر سه الگوریتم ژنتیک، ازدحام ذرات و زنبور عسل مصنوعی موجب ارتقای کیفیت پیش‌بینی شدند، اما الگوریتم ژنتیک بهترین عملکرد را داشت. مدل GA+ANN به MSE برابر با ۰.۱۴۱ و ضریب تعیین ۰.۹۱۵ دست یافت، در حالی که R^2 در مدل بهینه‌شده با PSO برابر با ۰.۹۰۲ و در مدل بهینه‌شده با ABC برابر با ۰.۸۹۸ بود. مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک همچنین نسبت به مدل پایه کاهش ۲۳.۸ درصدی MSE را نشان داد و از این رو به‌عنوان مدل نهایی پژوهش انتخاب شد. این نتیجه را می‌توان بر اساس ماهیت مسئله بهینه‌سازی شبکه عصبی توضیح داد. آموزش شبکه عصبی در عمل مستلزم یافتن ترکیبی مناسب از وزن‌ها و پارامترهایی است که خطای پیش‌بینی را حداقل کند. در مسائل پیچیده، فضای جست‌وجوی پارامترها ممکن است دارای نقاط بهینه محلی متعدد باشد و الگوریتم ژنتیک به دلیل استفاده هم‌زمان از انتخاب، تقاطع و جهش، ظرفیت مناسبی برای کاوش گسترده‌تر فضای جواب و دستیابی به ترکیب‌های بهتر دارد. نتایج مطالعات بهینه‌سازی پویا نیز نشان داده‌اند که الگوریتم‌های جمعیت‌محور، به‌ویژه زمانی که سازوکارهای جست‌وجو و حفظ تنوع در آنها تقویت شود، می‌توانند در مسائل غیرخطی و متغیر عملکرد مناسبی داشته باشند (Sadeghi Moghadam et al., 2025). در حوزه برنامه‌ریزی تولید نیز ترکیب مدل‌های یادگیری عمیق با الگوریتم ژنتیک توانسته است در شرایط پیچیده و چندهدفه دقت پیش‌بینی و کیفیت تصمیم‌گیری را افزایش دهد (Salimi Zavieh et al., 2026). برتری مدل ترکیبی GA+ANN همچنین با روند کلی پژوهش‌های جدید در زمینه ادغام پیش‌بینی داده‌محور و بهینه‌سازی همخوانی دارد. برای مثال، Luo و همکاران از چارچوب LSTM-Q برای پیوند پیش‌بینی تقاضا و برنامه‌ریزی سلسله‌مراتبی تولید استفاده کردند و نشان دادند که یکپارچه‌سازی یادگیری از داده با تصمیم‌گیری می‌تواند کیفیت برنامه‌ریزی تولید را افزایش دهد (Luo et al., 2025). Ullah و همکاران نیز با ترکیب شبیه‌سازی داده‌محور، بهینه‌سازی و محیط دوقلوی دیجیتال، چارچوبی برای ارتقای برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید در سیستم‌های پیچیده ارائه کردند (Javaid & Ullah, 2025). همچنین Su و همکاران نشان دادند که رویکردهای بهینه‌سازی داده‌محور در شرایطی که تقاضا دارای ویژگی‌های متعدد و ناهمگون است، می‌تواند به تصمیم‌های تولیدی انعطاف‌پذیرتر منجر شوند (Su et al., 2025). بنابراین، نتیجه پژوهش حاضر مبنی بر برتری مدل هیبریدی را می‌توان بخشی از یک تحول روش‌شناختی گسترده‌تر دانست که در آن مدل‌های هوشمند صرفاً به‌عنوان ابزار پیش‌بینی مستقل به کار نمی‌روند، بلکه با الگوریتم‌های بهینه‌سازی ترکیب می‌شوند تا کیفیت تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده افزایش یابد.

یکی دیگر از یافته‌های کلیدی پژوهش، نتایج تحلیل حساسیت بود. بعد اقتصادی با ضریب حساسیت ۰.۳۱ بیشترین اهمیت پیش‌بینی‌کننده را در تغییرات عملکرد سازمانی داشت و پس از آن به‌ترتیب ابعاد فناورانه با ۰.۲۴، حقوقی/قانونی با ۰.۱۹، اجتماعی با ۰.۱۴ و محیط‌زیستی با ۰.۱۲ قرار گرفتند. این نتیجه نشان می‌دهد که در صنعت خودروسازی مورد بررسی، نوسانات اقتصادی نسبت به سایر ابعاد محیطی بیشترین اطلاعات را برای پیش‌بینی عملکرد سازمانی فراهم کرده‌اند. این امر با ماهیت سرمایه‌بر و هزینه‌محور صنعت خودرو قابل تبیین است. تغییرات

نرخ تورم، رشد اقتصادی، بیکاری و سایر متغیرهای کلان می‌توانند به‌طور مستقیم بر هزینه مواد اولیه، دستمزد، هزینه تأمین مالی، قدرت خرید مصرف‌کنندگان، حجم تقاضا، سرمایه‌گذاری، نقدینگی و سودآوری شرکت‌های خودروساز اثر بگذارند. گزارش‌های عملکردی صنعت نیز نشان می‌دهند که وضعیت تولید و فروش خودرو به‌طور مستمر در معرض تحولات اقتصاد کلان و شرایط بازار قرار دارد (Ministry of Industry & Trade, 2025). آمار بین‌المللی فروش خودرو نیز بیانگر آن است که بازار خودرو در سطح جهانی از چرخه‌های اقتصادی، تغییرات تقاضا و تحولات ساختاری تأثیر می‌پذیرد (International Organization of Motor Vehicle, 2025). از این منظر، قرار گرفتن بعد اقتصادی در رتبه نخست با ویژگی‌های ساختاری صنعت مورد مطالعه سازگار است.

از دیدگاه نظری نیز اهمیت بعد اقتصادی با این فرض سازگار است که پویایی محیطی شرایطی را ایجاد می‌کند که در آن ارزش و اثربخشی قابلیت‌های سازمانی به توان سازگاری با تغییرات بیرونی وابسته می‌شود. Aftab و همکاران نشان دادند که پویایی محیطی می‌تواند رابطه میان جهت‌گیری کارآفرینانه و عملکرد شرکت را تغییر دهد و بنابراین محیط صرفاً یک عامل بیرونی ثابت نیست، بلکه می‌تواند نحوه تبدیل قابلیت‌های سازمان به عملکرد را تعدیل کند (Nosratpanah et al., 2024). و همکاران نیز نقش پویایی محیطی را در رابطه بین قابلیت‌های نوآوری خدمات، مزیت رقابتی و عملکرد شرکت برجسته کردند (Nosratpanah et al., 2024). همچنین Onngam و Charoensukmongkol نشان دادند که اثربخشی چابکی سازمانی در استفاده از رسانه‌های اجتماعی نیز به شرایط پویایی محیطی وابسته است (Onngam & Charoensukmongkol, 2024). این مطالعات در مجموع از این برداشت حمایت می‌کنند که تغییرات محیطی می‌توانند شدت و نحوه اثرگذاری منابع و قابلیت‌های سازمانی بر عملکرد را دگرگون کنند.

قرار گرفتن بعد فناورانه در رتبه دوم تحلیل حساسیت نیز از منظر تحولات صنعت خودرو قابل انتظار است. صنعت خودروسازی در سال‌های اخیر با فناوری‌های برقی‌سازی، سیستم‌های هوشمند، دیجیتالی‌شدن زنجیره تأمین، اتوماسیون، تحلیل داده و فناوری‌های پیشرفته تولید مواجه شده است. در چنین صنعتی، ظرفیت جذب، توسعه و به‌کارگیری فناوری می‌تواند مستقیماً بر بهره‌وری، کیفیت، هزینه، نوآوری محصول و سرعت واکنش به بازار اثرگذار باشد. یافته‌های Belhadi و همکاران نشان داد که نوآوری مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند عملکرد و تاب‌آوری زنجیره تأمین را در شرایط پویایی زنجیره افزایش دهد (Belhadi et al., 2024). همچنین Sullivan و Wamba گزارش کردند که استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند توان پاسخ انطباقی سازمان به تغییرات بازار را تقویت کرده و در نهایت نوآوری و عملکرد شرکت را ارتقا دهد (Sullivan & Fosso Wamba, 2024). از سوی دیگر، Cui بر نقش قابلیت‌های پویای مدیریت دانش، اشتراک دانش مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری سازمانی در ارتقای عملکرد تأکید کرده است (Cui, 2025). بنابراین، حساسیت بالای عملکرد نسبت به بعد فناورانه را می‌توان بازتاب وابستگی فزاینده مزیت رقابتی صنعت خودرو به ظرفیت‌های دانشی، نوآورانه و دیجیتالی دانست.

بعد حقوقی/قانونی با ضریب حساسیت ۰.۱۹ در رتبه سوم قرار گرفت. این یافته نشان می‌دهد که ثبات مقررات، قابلیت پیش‌بینی سیاست‌ها، تغییر در ضوابط تجاری و صنعتی و چارچوب‌های نهادی، اگرچه نسبت به عوامل اقتصادی و فناورانه وزن پیش‌بینی‌کننده کمتری داشته‌اند، همچنان برای عملکرد شرکت‌های خودروساز اهمیت قابل توجهی دارند. محیط نهادی می‌تواند از طریق تعیین قواعد ورود و رقابت، سیاست‌های قیمت‌گذاری، الزامات واردات و صادرات، استانداردهای فنی و زیست‌محیطی و شرایط سرمایه‌گذاری بر تصمیم‌گیری شرکت‌ها اثر بگذارد. مطالعه Ghadami و همکاران درباره روابط پویای نهادی، توسعه اقتصادی، آلودگی و سلامت عمومی نیز نشان می‌دهد که متغیرهای نهادی در طول زمان با سایر مؤلفه‌های اقتصادی و اجتماعی رابطه‌ای پویا و متقابل دارند (Ghadami et al., 2025). همچنین

Wiseman بر اهمیت ارزیابی محیطی و پیوند آن با برنامه‌ریزی راهبردی تأکید کرده است، زیرا تصمیم‌گیری در محیط‌های متغیر بدون شناخت نظام‌مند شرایط سیاستی و مقرراتی می‌تواند با عدم قطعیت بیشتر همراه شود (Wiseman, 2024). از این رو، جایگاه بعد حقوقی/قانونی در مدل حاضر را می‌توان نشانه اهمیت «پیش‌بینی‌پذیری نهادی» برای تصمیمات بلندمدت خودروسازان دانست.

بعد اجتماعی با ضریب ۰.۱۴ در رتبه چهارم قرار گرفت. اهمیت کمتر این بعد در مقایسه با عوامل اقتصادی و فناورانه به معنای بی‌اهمیت بودن آن نیست، بلکه نشان می‌دهد در افق و مجموعه داده مورد بررسی، متغیرهای اجتماعی سهم مستقیم کمتری در پیش‌بینی نوسانات عملکرد داشته‌اند. متغیرهای اجتماعی معمولاً از طریق کانال‌های غیرمستقیم‌تری نظیر سرمایه انسانی، الگوی مصرف، انتظارات مشتریان، مشروعیت اجتماعی، فرهنگ سازمانی و ترجیحات نیروی کار بر عملکرد اثر می‌گذارند و ممکن است آثار آنها با وقفه زمانی ظاهر شود. نقش سرمایه انسانی و سازوکارهای مدیریتی در عملکرد در مطالعات مختلف مورد تأکید قرار گرفته است. مرور Agazu و همکاران نشان می‌دهد که رهبری تحول‌آفرین می‌تواند از طریق جهت‌دهی، انگیزش و ایجاد ظرفیت سازگاری به ارتقای عملکرد بنگاه کمک کند (Agazu et al., 2025). همچنین Abou-Moghli بر نقش قابلیت نوآوری در انتقال اثر مدیریت دانش به عملکرد سازمانی تأکید کرده است (Abou-Moghli, 2025). این شواهد نشان می‌دهد که عوامل اجتماعی و انسانی غالباً از طریق سازوکارهای میانجی سازمانی بر عملکرد اثر می‌گذارند و همین امر می‌تواند حساسیت مستقیم پایین‌تر آنها را در مدل حاضر توضیح دهد.

بعد محیط‌زیستی با ضریب ۰.۱۲ پایین‌ترین اهمیت پیش‌بینی‌کننده کوتاه‌مدت را به خود اختصاص داد. با این حال، این یافته نباید به‌عنوان کم‌اهمیت بودن راهبردی پایداری محیط‌زیستی تفسیر شود؛ زیرا تحلیل حساسیت صرفاً میزان اهمیت نسبی متغیرها در پیش‌بینی خروجی مدل را نشان می‌دهد و نه ارزش راهبردی یا اثر علی آنها. در واقع، مطالعات جدید نشان می‌دهند که فشارهای محیط‌زیستی و الزامات پایداری در حال تبدیل شدن به عوامل مهم رقابت و بقای بلندمدت سازمان‌ها هستند. Muliati و همکاران نشان دادند که برنامه‌های مسئولیت اجتماعی و محیطی همراه با پویایی محیط می‌تواند عملکرد سبز بنگاه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Tekala et al., 2024). و همکاران نیز بر نقش پویایی محیطی و سرمایه ساختاری سبز در پایداری کسب‌وکار تأکید کرده‌اند (Tekala et al., 2024). همچنین Peng و همکاران ارتباط مدیریت راهبردی منابع انسانی، نوآوری سبز و عملکرد محیط‌زیستی را در یک مدل چندسطحی مورد تأیید قرار داده‌اند (Peng et al., 2024). یافته‌های Lüdeke-Freund و همکاران نیز نشان می‌دهد که پایداری مدل کسب‌وکار نیازمند بازطراحی فعالیت‌ها، منطق خلق ارزش و پیوند میان ارزش اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی است (Lüdeke-Freund et al., 2024). بنابراین، پایین بودن ضریب حساسیت محیط‌زیستی در مدل حاضر را باید در چارچوب دوره زمانی و شاخص‌های استفاده‌شده تفسیر کرد، نه به‌عنوان شواهدی علیه اهمیت بلندمدت این بعد.

در سطح کلی‌تر، یافته‌های پژوهش با دیدگاه قابلیت‌های پویا و رویکرد اقتضایی نسبت به عملکرد سازمانی همسویی دارد. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد در محیط پویا نه محصول یک عامل واحد، بلکه نتیجه برهم‌کنش مجموعه‌ای از نیروهای محیطی است. Kafetzopoulos و همکاران تأکید کرده‌اند که نوآوری موفق در مدل کسب‌وکار و افزایش عملکرد مستلزم ترکیب چند قابلیت سازمانی مکمل است (Kafetzopoulos et al., 2024). Wiroonrath و همکاران نیز نشان دادند که رهبری سبز می‌تواند از طریق تاب‌آوری و پویایی محیطی بر عملکرد اثرگذار باشد و بنابراین محیط در سازوکار خلق عملکرد نقشی فعال دارد (Wiroonrath et al., 2026). از سوی دیگر، Okech بر این نکته تأکید دارد که عملکرد پایدار نیازمند برنامه‌ریزی استراتژیکی است که توان تعدیل و سازگاری با تغییرات را داشته باشد.

(Okech, 2025). یافته‌های پژوهش حاضر با این مجموعه شواهد همخوان است و نشان می‌دهد در صنعت خودرو، قابلیت پایش و مدل‌سازی هم‌زمان چند بعد محیطی می‌تواند بخش مهمی از فرآیند تصمیم‌گیری راهبردی باشد.

در عین حال، لازم است میان «پیش‌بینی» و «علیت» تمایز روش‌شناختی روشنی برقرار شود. ضرایب تحلیل حساسیت در این پژوهش بیانگر اهمیت نسبی ورودی‌ها در پیش‌بینی عملکرد مدل هستند و نباید همانند ضرایب علی تفسیر شوند. ماهیت داده‌های مشاهده‌ای و پس‌رویدادی نیز امکان استنباط قطعی روابط علت و معلولی را فراهم نمی‌کند. بنابراین، وقتی گفته می‌شود بعد اقتصادی مهم‌ترین بعد بوده است، منظور آن است که در ساختار داده‌ها و مدل حاضر، تغییرات اقتصادی بیشترین سهم را در تغییر خروجی پیش‌بینی‌شده داشته‌اند. با این حال، قابلیت پیش‌بینی بالای مدل و انطباق نزدیک مقادیر پیش‌بینی‌شده با داده‌های واقعی نشان می‌دهد که رویکرد ترکیبی GA+ANN می‌تواند ابزار تحلیلی مفیدی برای حمایت از تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده باشد. این نتیجه با روند گسترده‌تر استفاده از کلان‌داده، هوش مصنوعی و تحلیل‌های داده‌محور در مدیریت عملکرد سازگار است (Kgakatsi et al., 2024; Li et al., 2024). همچنین توسعه نظام‌های سنجش عملکرد اثربخش نیازمند آن است که داده‌ها به اطلاعات عملیاتی و راهبردی قابل استفاده تبدیل شوند و صرف گردآوری شاخص‌ها کفایت نمی‌کند (Keathley-Herring et al., 2024).

پژوهش حاضر با چند محدودیت همراه بود. نخست، دامنه مطالعه به ۲۰ شرکت خودروسازی پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران محدود شد و بنابراین تعمیم نتایج به شرکت‌های غیربورسی، قطعه‌سازان یا سایر صنایع باید با احتیاط صورت گیرد. دوم، داده‌ها ماهیت تاریخی و مشاهده‌ای داشتند و در نتیجه امکان استنباط علّیت قطعی وجود ندارد. سوم، هرچند ابعاد اقتصادی، فناوریانه، حقوقی/قانونی، اجتماعی و محیط‌زیستی در مدل لحاظ شدند، همه مؤلفه‌های محیطی بالقوه مانند شدت رقابت، اختلال زنجیره تأمین، تحریم‌ها، تغییر ترجیحات مشتریان و شوک‌های ژئوپلیتیکی به‌طور مستقل مدل‌سازی نشدند. چهارم، نتایج شبکه عصبی به معماری، نحوه تقسیم داده‌ها، تنظیم فرامپارامترها و روش نرمال‌سازی حساس است و ممکن است با انتخاب ساختارهای جایگزین، مقادیر متفاوتی حاصل شود. پنجم، ضریب حساسیت متغیرها صرفاً اهمیت پیش‌بینی‌کننده آنها را نشان می‌دهد و نباید به‌عنوان اندازه اثر علی تلقی شود. همچنین حجم نسبتاً محدود مشاهدات شرکت-سال، احتمال بیش‌برازش و محدودیت در آموزش معماری‌های پیچیده‌تر را به همراه دارد.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بعدی مدل حاضر را در صنایع دیگری نظیر پتروشیمی، فولاد، داروسازی، بانکداری و فناوری اطلاعات آزمون کنند تا میزان تعمیم‌پذیری الگوی به‌دست‌آمده مشخص شود. استفاده از داده‌های با بسامد بالاتر، مانند داده‌های فصلی یا ماهانه، می‌تواند تغییرات محیطی را با جزئیات بیشتری بازنمایی کند. همچنین مقایسه مدل GA+ANN با روش‌هایی مانند Random Forest، Support Vector Regression، LSTM و مدل‌های ترکیبی عمیق می‌تواند در تعیین الگوریتم بهینه مؤثر باشد. توصیه می‌شود در مطالعات آینده یک مدل خطی مبنا نیز برآورد شود تا برتری ساختار غیرخطی به‌صورت مستقیم و تجربی آزمون شود. استفاده از روش‌های تبیین‌پذیری هوش مصنوعی مانند SHAP و تحلیل وابستگی جزئی نیز می‌تواند علاوه بر رتبه‌بندی اهمیت متغیرها، شکل و جهت روابط را روشن‌تر سازد. همچنین بررسی اثرات وقفه‌ای، آزمون نقاط آستانه، تحلیل سناریو و تفکیک شوک‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌تواند فهم دقیق‌تری از سازوکار ارتباط پویایی محیطی و عملکرد سازمانی فراهم کند.

نتایج پژوهش پیشنهاد می‌کند شرکت‌های خودروسازی نظامی مستمر برای پایش هوشمند متغیرهای محیطی ایجاد کنند و داده‌های اقتصادی، فناوریانه، مقرراتی، اجتماعی و محیط‌زیستی را به‌صورت یکپارچه در داشبوردهای تصمیم‌یار مدیریتی وارد سازند. با توجه به اهمیت بالاتر بعد

اقتصادی، لازم است سناریوهای تغییر تورم، نرخ ارز، رشد اقتصادی، هزینه تأمین مالی و قدرت خرید بازار به طور منظم در برنامه ریزی مالی و تولید لحاظ شوند. در بعد فناورانه، تقویت تحقیق و توسعه، دیجیتالی سازی فرایندها، توسعه تحلیل داده و همکاری با شرکت های دانش بنیان می تواند ظرفیت پاسخ گویی به تحولات بازار را افزایش دهد. همچنین ایجاد واحدهای تحلیل محیط کسب و کار، استفاده از مدل های پیش بینی هوشمند برای برنامه ریزی تولید و فروش، پایش مستمر تغییرات مقرراتی و انجام تحلیل سناریو پیش از تصمیم های سرمایه گذاری عمده توصیه می شود. مدل GA+ANN توسعه یافته نیز می تواند به عنوان یک سامانه پشتیبان تصمیم مورد استفاده قرار گیرد، مشروط بر آنکه به طور دوره ای با داده های جدید بازآموزی، اعتبارسنجی و به روزرسانی شود.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در انجام این پژوهش ما را همراهی کردند تشکر و قدردانی به عمل می آید.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ گونه تضاد منافی وجود ندارد.

موازین اخلاقی

در تمامی مراحل پژوهش حاضر اصول اخلاقی مرتبط با نشر و انجام پژوهش رعایت گردیده است.

Extended Abstract

Introduction

Contemporary organizations operate in business environments characterized by rapid technological change, economic volatility, regulatory uncertainty, shifting social expectations, intensified competition, and increasing environmental pressures. Under such conditions, organizational performance cannot be adequately explained solely by internal resources or managerial efficiency; rather, it increasingly depends on the organization's ability to sense, interpret, and respond to changes occurring in its external environment. Environmental dynamism refers to the rate, magnitude, frequency, and unpredictability of changes affecting organizational activities and strategic decisions. In dynamic environments, conventional planning mechanisms may lose effectiveness because assumptions underlying organizational strategies can rapidly become obsolete. Accordingly, sustainable organizational performance requires strategic planning systems capable of continuous adjustment and adaptation to emerging environmental conditions (Okech, 2025). Environmental assessment is therefore increasingly regarded as an essential component of strategic decision-making because systematic monitoring of environmental changes enables organizations to identify emerging opportunities and threats and to modify their strategic responses accordingly (Wiseman, 2024).

The relationship between environmental dynamism and organizational performance is inherently complex. Environmental changes may create opportunities for innovation, market expansion, and organizational renewal, while excessive turbulence can simultaneously increase uncertainty, coordination costs, resource constraints, and strategic risk. Previous research has demonstrated that environmental dynamism can alter the strength and nature of the relationship between organizational capabilities and firm performance. For example, environmental dynamism has been

identified as an important contextual factor affecting the relationship between entrepreneurial orientation, entrepreneurial competencies, and firm performance (Aftab et al., 2024). Similarly, dynamic service innovation capabilities can influence organizational performance through service innovation and competitive advantage, while perceived environmental dynamism changes the conditions under which such capabilities generate superior outcomes (Nosratpanah et al., 2024). Environmental dynamism has also been shown to shape the effectiveness of organizational agility in responding to changing market conditions (Onngam & Charoensukmongkol, 2024).

The increasing complexity of environmental–performance relationships has created a methodological need for analytical approaches capable of identifying nonlinear and multidimensional patterns. Artificial intelligence provides an important response to this requirement. AI-based systems can process large volumes of heterogeneous information, identify latent patterns, and support adaptive organizational responses to market change, innovation, and competitive pressures (Sullivan & Fosso Wamba, 2024). Evidence from manufacturing and supply-chain research also suggests that AI-driven innovation contributes to resilience and performance, particularly under conditions of supply-chain dynamism (Belhadi et al., 2024). Artificial neural networks are especially suitable for such analytical settings because they do not require researchers to specify a predetermined functional form between predictors and outcomes and can approximate complex nonlinear relationships involving multiple interacting variables (Shiming et al., 2024).

Recent studies have further demonstrated the benefits of combining data-driven prediction with optimization techniques. Data-driven production-planning approaches incorporating deep learning have improved the integration of demand forecasting with operational decision-making (Luo et al., 2025). Simulation-based optimization and digital-twin approaches have similarly enabled organizations to evaluate complex production scenarios and improve planning and scheduling decisions (Javaid & Ullah, 2025). Data-driven optimization has also been applied to production environments characterized by multiple demand features and high uncertainty (Su et al., 2025). In addition, combining LSTM-based forecasting with genetic algorithms and multiobjective optimization has demonstrated the potential of hybrid intelligent models for solving complex production-planning problems (Salimi Zavieh et al., 2026). Research on dynamic optimization likewise indicates that population-based metaheuristic algorithms can improve search efficiency and adaptability in complex and changing environments (Sadeghi Moghadam et al., 2025).

These issues are particularly relevant to the automotive industry, which is highly capital-intensive, technology-dependent, supply-chain-sensitive, and exposed to fluctuations in macroeconomic conditions, regulation, consumer demand, technological development, and environmental standards. Global vehicle sales statistics demonstrate the continuing sensitivity of automotive markets to changing economic and market conditions (International Organization of Motor Vehicle, 2025), while official Iranian industrial performance reports illustrate the importance of continuously monitoring production, sales, and market conditions in the domestic automotive sector (Ministry of Industry & Trade, 2025). At the same time, technological transformation, knowledge management, innovation capability, and organizational learning are becoming increasingly important foundations of organizational performance (Abou-Moghli, 2025; Cui, 2025). Therefore, conventional linear analytical approaches may be insufficient for representing the simultaneous and potentially nonlinear effects of economic, technological, legal/regulatory, social, and environmental dynamism on organizational performance. Accordingly, this study aimed to develop and evaluate an artificial neural network-based model, optimized through a genetic algorithm and interpreted using sensitivity

analysis, for predicting the nonlinear relationship between environmental dynamism and organizational performance in Iranian automotive companies.

Methods and Materials

This study was applied in purpose and quantitative, descriptive-correlational, and ex post facto in design. The statistical population comprised automotive companies listed on the Tehran Stock Exchange. The temporal scope covered the period from 2013 to 2024. An initial population of 100 companies was screened according to continuity of operations, availability of financial and operational information, and completeness of data across the study period. Using purposive sampling, 20 companies satisfying the eligibility criteria were selected. The company-year constituted the unit of analysis, allowing environmental and organizational indicators to be evaluated longitudinally across companies and years.

Environmental dynamism was modeled through five dimensions: economic, technological, legal/regulatory, social, and environmental. The environmental indicators were operationalized using temporal changes and fluctuations rather than merely their absolute levels. Organizational performance was represented through financial and operational measures, including indicators related to profitability, assets, shareholders' equity, return on assets, return on equity, production, and sales. Data were obtained from company reports and official statistical sources. Before model development, the data were cleaned, harmonized, screened for anomalous observations, and normalized.

An artificial neural network was developed to model the multidimensional relationship between environmental dynamism and organizational performance. The selected architecture consisted of three hidden layers containing 128, 64, and 32 neurons, respectively. ReLU activation functions were used in the hidden layers, while a linear function was employed in the output layer. The Adam optimizer and mean squared error loss function were used during training. Model performance was assessed separately using training, validation, and test datasets and evaluated through mean squared error (MSE), root mean squared error (RMSE), mean absolute error (MAE), and the coefficient of determination (R^2). Three metaheuristic optimization techniques—Genetic Algorithm (GA), Particle Swarm Optimization (PSO), and Artificial Bee Colony (ABC)—were subsequently applied to improve the baseline ANN. Finally, sensitivity analysis was conducted on the best-performing model to determine the relative predictive importance of the five environmental dynamism dimensions.

Findings

The baseline artificial neural network demonstrated strong predictive performance. In the training dataset, the model achieved an MSE of 0.0152 and an R^2 of 0.905, while in the validation dataset the corresponding values were 0.0198 and 0.879. Performance remained satisfactory in the independent test dataset, where MSE was 0.0185, RMSE was 0.1360, MAE was 0.105, and R^2 reached 0.887. These findings indicated that the baseline ANN was capable of reproducing a substantial proportion of the observed variation in organizational performance and exhibited acceptable generalization beyond the training observations.

Optimization further improved model performance. The GA-optimized model achieved the best overall results, with an MSE of 0.0141, RMSE of approximately 0.1187, MAE of 0.089, and R^2 of 0.915. Compared with the baseline ANN, GA optimization reduced MSE by approximately 23.8% and increased R^2 from 0.887 to 0.915. The PSO-optimized model ranked second, recording an MSE of 0.0155, RMSE of 0.1245, MAE of 0.098, and R^2 of 0.902. The ABC-optimized model ranked third, with an MSE of 0.0162, RMSE of 0.1273, MAE of 0.101, and R^2 of 0.898. Thus, although all three

metaheuristic algorithms improved the baseline model, the GA+ANN configuration provided the lowest prediction error and the highest explanatory performance.

Sensitivity analysis revealed substantial differences in the relative importance of the environmental dimensions. The economic dimension showed the greatest predictive importance, with a sensitivity coefficient of 0.31. The technological dimension ranked second with a coefficient of 0.24, followed by the legal/regulatory dimension at 0.19. The social dimension had a coefficient of 0.14, while the environmental dimension showed the lowest short-term sensitivity coefficient at 0.12. The overall ranking was therefore economic, technological, legal/regulatory, social, and environmental dynamism. The close correspondence between predicted and observed organizational performance further supported the predictive adequacy of the final hybrid model.

Discussion and Conclusion

The findings demonstrate that organizational performance in the automotive industry is associated with a multidimensional environmental structure that can be effectively modeled using artificial neural networks. The relatively high predictive accuracy of the baseline ANN indicates that environmental indicators collectively contain substantial information about changes in organizational performance. More importantly, the improvement obtained after genetic algorithm optimization indicates that model performance depends not only on the choice of an ANN framework but also on effective exploration of the parameter space. The superior performance of GA compared with PSO and ABC suggests that its population-based evolutionary search mechanism was particularly suitable for identifying parameter configurations capable of minimizing prediction error in the present dataset.

The sensitivity results provide important substantive insights. Economic dynamism was the strongest predictor of organizational performance, suggesting that automotive companies are especially exposed to fluctuations in macroeconomic conditions. Variations in inflation, economic growth, employment conditions, liquidity, purchasing power, and related economic indicators can rapidly affect production costs, financing requirements, demand, investment decisions, and profitability. The technological dimension ranked second, reflecting the growing importance of innovation, technological absorption, digitalization, production technologies, and the capacity to respond to technological transformation within the automotive sector. Legal and regulatory dynamism also demonstrated considerable importance, which can be interpreted in light of the dependence of automotive companies on industrial policies, commercial regulations, technical standards, pricing frameworks, and other institutional conditions.

The lower sensitivity coefficients for social and environmental dimensions should not be interpreted as evidence that these dimensions are strategically unimportant. Their effects may operate more indirectly or materialize over longer time horizons through human capital, consumer preferences, social legitimacy, environmental regulation, sustainability requirements, and changes in business-model expectations. Sensitivity coefficients in the present study represent predictive importance within the fitted model rather than causal effect sizes. Therefore, the results indicate the relative contribution of each environmental dimension to model predictions but do not establish deterministic causal relationships.

Overall, the study demonstrates that combining artificial neural networks with genetic algorithm optimization can provide a powerful data-driven framework for predicting organizational performance under dynamic environmental conditions. The GA+ANN model achieved the highest predictive accuracy, with an R^2 of 0.915 and substantially lower error than the baseline and alternative optimized models. The results further establish a clear hierarchy in predictive importance, with economic and technological dynamism emerging as the dominant environmental dimensions. From

a managerial perspective, the findings support the development of integrated environmental-monitoring and intelligent decision-support systems capable of continuously incorporating macroeconomic, technological, regulatory, social, and environmental information. Such systems can help automotive firms detect emerging changes, update forecasts, evaluate scenarios, and make more adaptive strategic decisions in environments characterized by uncertainty and rapid transformation.

References

- Abou-Moghli, A. (2025). The Interplay between Knowledge Management and Organizational Performance Measurement through the Mediating Effect of Innovation Capability. *Knowledge and Performance Management*, 9(1), 45-61. [https://doi.org/10.21511/kpm.09\(1\).2025.04](https://doi.org/10.21511/kpm.09(1).2025.04)
- Aftab, J., Veneziani, M., Sarwar, H., & Ishaq, M. I. (2024). Entrepreneurial Orientation and Firm Performance in SMEs: The Mediating Role of Entrepreneurial Competencies and Moderating Role of Environmental Dynamism. *International Journal of Emerging Markets*, 19(10), 3329-3352. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-07-2021-1151>
- Agazu, B. G., Kero, C. A., & Debela, K. L. (2025). Transformational Leadership and Firm Performance: A Systematic Literature Review. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 14(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s13731-025-00476-x>
- Belhadi, A., Mani, V., Kamble, S. S., Khan, S. A. R., & Verma, S. (2024). Artificial Intelligence-Driven Innovation for Enhancing Supply Chain Resilience and Performance under the Effect of Supply Chain Dynamism: An Empirical Investigation. *Annals of Operations Research*, 333(2), 627-652. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-03956-x>
- Cui, J. (2025). *The Explore of Knowledge Management Dynamic Capabilities, AI-Driven Knowledge Sharing, Knowledge-Based Organizational Support, and Organizational Learning on Job Performance: Evidence from Chinese Technological Companies*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5083169>
- Ghadami, B., Fotros, M. H., & Haji, G. (2025). Modeling the Dynamic Relationship among Institutions, Environmental Pollution, Economic Development, and Public Health Using Bayesian Averaging Approaches. *Stable Economy*, 6(3), 133-169.
- International Organization of Motor Vehicle, M. (2025). *Vehicle Sales Statistics*. <https://www.oica.net/category/sales-statistics/>
- Javaid, W., & Ullah, S. (2025). Data Driven Simulation-Based Optimization Model for Job-Shop Production Planning and Scheduling: An Application in a Digital Twin Shop Floor. *Journal of Simulation*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/17477778.2025.2469687>
- Kafetzopoulos, D., Samara, E. T., & Theodorakioglou, Y. (2024). Multiple Organizational Capabilities for Effective Business Model Innovation and Increased Performance. *European Journal of Innovation Management*, 27(8), 2925-2943. <https://doi.org/10.1108/EJIM-01-2023-0065>
- Keathley-Herring, H., Van Aken, E., & Letens, G. (2024). Implementing Organizational Performance Measurement Systems: Measures and Success Strategies. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 73(9), 2972-3007. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-05-2023-0266>
- Kgakatsi, M., Galeboe, O. P., Molelekwa, K. K., & Thango, B. A. (2024). The Impact of Big Data on SME Performance: A Systematic Review. *Businesses*, 4(4), 632-695. <https://doi.org/10.3390/businesses4040038>
- Li, N., Zhou, H., & Xu, M. (2024). *From Text to Insight: Leveraging Large Language Models for Performance Evaluation in Management*. <https://arxiv.org/abs/2408.05328>
- Lüdeke-Freund, F., Froese, T., Dembek, K., Rosati, F., & Massa, L. (2024). What Makes a Business Model Sustainable? Activities, Design Themes, and Value Functions. *Organization & Environment*, 37(2), 194-220. <https://doi.org/10.1177/10860266241235212>
- Luo, D., Guan, Z., Ding, L., Fang, W., & Zhu, H. (2025). A Data-Driven Methodology for Hierarchical Production Planning with LSTM-Q Network-Based Demand Forecast. *Symmetry*, 17(5), 655. <https://doi.org/10.3390/sym17050655>
- Ministry of Industry, M., & Trade. (2025). *Performance Reports*. www.mimt.gov.ir/fa/general_content/478327-بسالانه.html
- Muliati, M., Totanan, C., Pattawe, A., Iqbal, M., Mile, Y., & Mayapada, A. G. (2024). Enhancing SME Green Performance: The Role of Environmental and Social Responsibility Programs and Environmental Dynamism. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 19(2). <https://doi.org/10.18280/ijstdp.190238>
- Nosratpanah, R., Barani, S., Ashrafzadeh, A., & Atashi, G. (2024). The Impact of Dynamic Service Innovation Capabilities on Firm Performance: The Moderating Role of Perceived Environmental Dynamism and the Mediating Roles of Service Innovation and Competitive Advantage. *Business Management*, 16(1), 137-166.

- Okech, R. (2025). Strategic Planning and Sustainable Organizational Performance. *International Journal of Management Studies*, 12(1), 15-30.
- Onngam, W., & Charoensukmongkol, P. (2024). Effect of Social Media Agility on Performance of Small and Medium Enterprises: Moderating Roles of Firm Size and Environmental Dynamism. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 16(6), 1611-1633. <https://doi.org/10.1108/JEEE-11-2022-0331>
- Peng, M. Y. P., Zhang, L., Lee, M. H., Hsu, F. Y., Xu, Y., & He, Y. (2024). The Relationship between Strategic Human Resource Management, Green Innovation and Environmental Performance: A Moderated-Mediation Model. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02754-7>
- Riazi Nejad, M., & Riazi Nejad, M. (2025). Simulation of a Green Management Development Model Using Systems Thinking with a Business Development Focus: A Case Study of Bank Mellat Construction Company. *Urban Environmental Management*, 3(3), 1-16.
- Sadeghi Moghadam, M., Nejatian, S., Parvin, H., Bagherifard, K., & Yaghoubian, S. H. (2025). Solving Dynamic Optimization Problems with an Improved Imperialist Competitive Algorithm. *Signal and Data Processing*, 22(2), 3-30.
- Salimi Zavieh, S. G., Kazazi, A., Raeisi Vanani, I., & Ghazi Nouri, S. S. (2026). Data-Driven Biopharmaceutical Production Planning with LSTM-Based Demand Forecasting and Multiobjective Optimization Using a Genetic Algorithm and the Epsilon-Constraint Method. *Systems Engineering and Productivity*, 6(2), 113-159.
- Shiming, L., Weizhong, Y., & Xinyu, D. (2024). Neural Network Modeling of Nonlinear Fluid Dynamics: A Comprehensive Survey. *Computers & Fluids*, 268, 106960. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2024.106960>
- Su, X., Zeng, L., Shao, B., & Lin, B. (2025). Data-Driven Optimization for Production Planning with Multiple Demand Features. *Kybernetes*, 54(1), 110-133. <https://doi.org/10.1108/K-04-2023-0690>
- Sullivan, Y., & Fosso Wamba, S. (2024). Artificial Intelligence and Adaptive Response to Market Changes: A Strategy to Enhance Firm Performance and Innovation. *Journal of Business Research*, 174, 114500. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114500>
- Tekala, K., Baradarani, S., Alzubi, A., & Berberoğlu, A. (2024). Green Entrepreneurship for Business Sustainability: Do Environmental Dynamism and Green Structural Capital Matter? *Sustainability*, 16(13), 5291. <https://doi.org/10.3390/su16135291>
- Wiroonrath, S., Phanniphong, K., Inmor, S., & Na-Nan, K. (2026). Green Leadership in the Food Industry Influences Performance through Resilience and Environmental Dynamics. *Discover Sustainability*, 7, 18. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-02329-9>
- Wiseman, K. (2024). Environmental Assessment and Planning in South Africa: The SEA Connection. In (pp. 155-166). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003578932-15>