

Design and Validation of an Open Innovation Model in Knowledge-Based Aviation Firms Located in Science Parks and Growth Centers in Iran

1. Reza Khosravi[✉]: Department of Manageme, AK.C., Islamic Azad University, Aliabad Katoul, Iran

2. Hassan Ali Aghajani^{✉*}: Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences,
University of Mazandaran, Babolsar, Iran

3. Majid Ashrafi[✉]: Department of Accounting, AK.C., Islamic Azad University, Aliabad Katoul, Iran

*Corresponding Author's Email Address: aghajani@umz.ac.ir

Abstract:

The present study aimed to design and validate an open innovation model for knowledge-based aviation firms located in science parks and growth centers in Iran by identifying the key dimensions, components, and structural relationships underlying open innovation in this technologically complex and highly regulated industry. This applied study employed an exploratory mixed-methods design. In the qualitative phase, data were collected through semi-structured interviews with 17 academic experts, managers, and specialists from knowledge-based aviation firms and analyzed using thematic analysis. In the quantitative phase, the developed model was validated through a researcher-made questionnaire and partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) among 150 managers and experts involved in aviation technology development and innovation processes. The qualitative analysis resulted in the identification of eight major dimensions of open innovation: technological ecosystem embeddedness, external knowledge acquisition channels, intra-organizational architecture for knowledge absorption and transformation, trust/confidentiality/regulatory infrastructure, testing and validation bottleneck removal, innovative resilience against constraints, industrial co-creation outcomes, and external circulation of knowledge and technology. The structural model results indicated that all identified dimensions had significant effects on open innovation, and the model demonstrated strong overall fit ($GOF=0.425$). The highest path coefficients were associated with intra-organizational absorption and transformation architecture, innovative resilience, and trust and regulatory infrastructure. Open innovation in Iranian knowledge-based aviation firms is a multidimensional phenomenon that depends not only on external collaborations but also on internal organizational capabilities, knowledge absorption mechanisms, trust and regulatory infrastructures, and adaptive capacity in response to environmental constraints. Therefore, advancing open innovation in these firms requires a localized, network-oriented, and capability-based approach.

Keywords: Open innovation; knowledge-based aviation firms; absorptive capacity; regulation; innovative resilience; value co-creation.

How to Cite: Khosravi, R., Aghajani, H. A., & Ashrafi, M. (2026). Design and Validation of an Open Innovation Model in Knowledge-Based Aviation Firms Located in Science Parks and Growth Centers in Iran. *Management, Education and Development in Digital Age*, 3(2), 1-19.



طراحی و اعتبارسنجی مدل نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران

۱. رضا خسروی^{ID}: گروه مدیریت، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران

۲. حسنعلی آقاجانی^{ID*}: گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۳. مجید اشرفی^{ID}: گروه حسابداری، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: aghajani@umz.ac.ir

چکیده

هدف پژوهش حاضر طراحی و اعتبارسنجی مدل نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران بود تا ابعاد کلیدی، مؤلفه‌ها و روابط ساختاری مؤثر بر شکل‌گیری نوآوری باز در این صنعت پیچیده، فناورمحور و مقررات‌محور شناسایی و تبیین شود. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش، آمیخته اکتشافی بود. در بخش کیفی، داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۷ نفر از خبرگان دانشگاهی، مدیران و متخصصان شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان گردآوری و با روش تحلیل مضمون بررسی شد. در بخش کمی، مدل استخراج‌شده با استفاده از پرسشنامه محقق‌ساخته و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) بر روی ۱۵۰ نفر از مدیران و کارشناسان مرتبط اعتبارسنجی شد. نتایج تحلیل مضمون به شناسایی هشت بُعد اصلی شامل زیست‌بوم‌پیوندی فناورانه، گذرگاه‌های جذب دانش بیرونی، معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل، زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری، گلوگاه‌گشایی آزمون و اعتبارسنجی، تاب‌آوری نوآورانه در برابر محدودیت‌ها، برون‌دادهای هم‌آفرینی صنعتی و چرخش بیرونی دانش و فناوری منجر شد. نتایج مدل ساختاری نشان داد تمامی ابعاد شناسایی‌شده اثر معناداری بر مدل نوآوری باز داشتند و مدل از برازش کلی مطلوبی برخوردار بود ($GOF=0.425$). همچنین، بیشترین ضرایب مسیر مربوط به معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل، تاب‌آوری نوآورانه و زیرساخت اعتماد و تنظیم‌گری بود. مدل نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان ایران پدیده‌ای چندبعدی است که تنها به تعاملات بیرونی وابسته نیست، بلکه به ظرفیت‌های درونی سازمان، سازوکارهای جذب و تبدیل دانش، زیرساخت‌های اعتماد و تنظیم‌گری و توان سازگاری با محدودیت‌های محیطی وابستگی دارد. بنابراین، توسعه نوآوری باز در این شرکت‌ها نیازمند رویکردی بومی، شبکه‌محور و قابلیت‌محور است.

کلیدواژه‌گان: نوآوری باز؛ شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان؛ ظرفیت جذب؛ تنظیم‌گری؛ تاب‌آوری نوآورانه؛ هم‌آفرینی ارزش.

نحوه استناددهی: خسروی، رضا، آقاجانی، حسنعلی، و اشرفی، مجید. (۱۴۰۵). طراحی و اعتبارسنجی مدل نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران. مدیریت، آموزش و توسعه در عصر دیجیتال، ۳(۲)، ۱۹-۱.



مقدمه

در دهه‌های اخیر، شتاب فزاینده تغییرات فناوریانه، پیچیده‌تر شدن مسائل نوآوری و افزایش وابستگی سازمان‌ها به منابع دانشی پراکنده، موجب شده است که الگوهای سنتی نوآوری مبتنی بر مرزهای بسته سازمانی، کارآمدی پیشین خود را از دست بدهند. در این میان، مفهوم «نوآوری باز» به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارادایم‌های مدیریت نوآوری ظهور یافته است؛ رویکردی که بر جریان‌های هدفمند دانش، فناوری، ایده‌ها و قابلیت‌ها میان سازمان و محیط بیرونی تأکید دارد و سازمان‌ها را به سمت بهره‌گیری از ظرفیت‌های دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، شرکت‌های فناوری، مشتریان، تأمین‌کنندگان و سایر بازیگران اکوسیستم نوآوری سوق می‌دهد. برخلاف رویکرد نوآوری بسته که خلق ارزش را عمدتاً درون مرزهای سازمانی جست‌وجو می‌کرد، نوآوری باز بر این فرض استوار است که دانش مورد نیاز برای توسعه فناوری و ایجاد مزیت رقابتی در شبکه‌ای گسترده از کنشگران توزیع شده است و سازمان‌های موفق، سازمان‌هایی هستند که توانایی ایجاد، مدیریت و بهره‌برداری از این جریان‌های دانشی را داشته باشند (Beltramino et al., 2026). از این منظر، نوآوری باز نه صرفاً یک ابزار مدیریتی، بلکه نوعی منطق سازمان‌دهی فرایند نوآوری محسوب می‌شود که بر تعامل، یادگیری مشترک، ترکیب منابع و خلق ارزش در بستر شبکه‌های همکاری تأکید دارد (Majchrzak et al., 2023).

اهمیت نوآوری باز در شرکت‌های دانش‌بنیان بیش از سایر سازمان‌ها نمایان است؛ زیرا این شرکت‌ها معمولاً با محدودیت منابع داخلی، سرعت بالای تحولات فناوریانه، عدم قطعیت بازار و نیاز مستمر به دسترسی به دانش تخصصی مواجه هستند. در چنین شرایطی، اتکا صرف به قابلیت‌های درون سازمانی نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای توسعه فناوری باشد و سازمان‌ها باید از طریق تعامل با محیط بیرونی، منابع دانشی مکمل را شناسایی و جذب کنند (Mubarak et al., 2026). پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که نوآوری باز می‌تواند از طریق تقویت ظرفیت جذب، بهبود فرایند توسعه محصول جدید و افزایش توان رقابتی شرکت‌ها، نقش مهمی در عملکرد نوآورانه ایفا کند؛ با این حال، تحقق این مزایا وابسته به توانایی سازمان در شناسایی ارزش دانش بیرونی، جذب آن، تبدیل آن به قابلیت داخلی و بهره‌برداری عملی از آن است (Mubarak et al., 2026). بنابراین، نوآوری باز زمانی اثربخش خواهد بود که سازمان علاوه بر ایجاد ارتباطات بیرونی، از زیرساخت‌های درونی لازم برای پردازش و تبدیل دانش برخوردار باشد (Scaringella & Scaringella, 2025).

یکی از مهم‌ترین مفاهیم مرتبط با نوآوری باز، ظرفیت جذب سازمانی است. دسترسی به دانش بیرونی به‌تنهایی نمی‌تواند به نوآوری منجر شود، بلکه سازمان باید قابلیت‌های لازم برای تشخیص، تفسیر، ترکیب و استفاده از این دانش را توسعه دهد. در واقع، ظرفیت جذب به‌عنوان سازوکاری میانجی، ارتباط میان تعاملات بیرونی و پیامدهای نوآورانه را تبیین می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که کسب دانش ضمنی و توانایی تبدیل آن به دانش کاربردی، نقش تعیین‌کننده‌ای در ایجاد قابلیت‌های نوآوری هم‌افزا دارد (Xu et al., 2023). همچنین، تعامل میان شرکت‌های باسابقه تحقیق و توسعه و شرکت‌های نوپا می‌تواند از طریق سرریزهای دانشی، موجب تقویت قابلیت‌های فناوریانه و توسعه اکوسیستم‌های نوآوری شود (Jha & Basu, 2025). از این رو، موفقیت نوآوری باز به میزان زیادی به کیفیت سازوکارهای یادگیری، مدیریت دانش و بازترکیب منابع وابسته است.

در کنار ظرفیت‌های درونی، مفهوم اکوسیستم نوآوری نیز جایگاه مهمی در تبیین نوآوری باز دارد. بر اساس این دیدگاه، نوآوری نتیجه فعالیت منفرد یک سازمان نیست، بلکه محصول تعامل میان مجموعه‌ای از بازیگران شامل شرکت‌ها، دانشگاه‌ها، نهادهای دولتی، سرمایه‌گذاران، مراکز فناوری و سایر ذی‌نفعان است. اکوسیستم‌های نوآوری امکان دسترسی به منابع مکمل، توسعه همکاری‌های بین‌سازمانی و ایجاد مسیرهای جدید خلق ارزش را فراهم می‌کنند (Canini et al., 2026). مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که شکل‌گیری اکوسیستم‌های نوآوری باز نیازمند سازمان‌دهی روابط، ایجاد سازوکارهای اعتماد، توسعه شبکه‌های همکاری و مدیریت فرایندهای تعاملی میان بازیگران مختلف است (Remneland Wikhamn & Styhre, 2023). همچنین، شبکه‌های نوآوری باز می‌توانند از طریق ایجاد پیوندهای منطقه‌ای و بین‌سازمانی، ظرفیت نوآوری شرکت‌های کوچک و متوسط را افزایش داده و دسترسی آنها به منابع دانشی و فناوریانه را تسهیل کنند (Marullo et al., 2024).

با وجود مزایای گسترده نوآوری باز، اجرای موفق آن با چالش‌های متعددی همراه است. یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، مدیریت روابط انسانی و سازمانی در فرایندهای همکاری است. اعتماد میان شرکا، شفافیت در تعاملات، مدیریت دانش ضمنی و کنترل نگرانی‌های مرتبط با مالکیت فکری از جمله عوامل تعیین‌کننده در موفقیت همکاری‌های باز هستند.

مطالعات نشان داده‌اند که اعتماد، به‌عنوان یک سازوکار بنیادین، می‌تواند کیفیت تعاملات نوآورانه را افزایش داده و زمینه انتقال مؤثر دانش میان سازمان‌ها را فراهم سازد (Antonelli et al., 2026). از سوی دیگر، هرچه دانش تخصصی‌تر و ضمنی‌تر باشد، اهمیت قابلیت‌های انسانی، ارتباطی و سازمانی در مدیریت نوآوری باز افزایش می‌یابد (Scaringella & Scaringella, 2025). بنابراین، نوآوری باز را نمی‌توان صرفاً یک فرایند فناورانه دانست، بلکه باید آن را پدیده‌ای اجتماعی، نهادی و سازمانی تلقی کرد.

در صنایع پیشرفته و راهبردی، اهمیت نوآوری باز به دلیل پیچیدگی فناوری و نیاز به همکاری‌های گسترده، دوچندان است. صنعت هوانوردی یکی از نمونه‌های برجسته این صنایع محسوب می‌شود؛ زیرا توسعه فناوری‌های هوانوردی، طراحی و ساخت تجهیزات، آزمون و اعتبارسنجی محصولات و انطباق با الزامات ایمنی و مقرراتی، نیازمند دسترسی به شبکه‌ای گسترده از دانش تخصصی و زیرساخت‌های فناورانه است. در چنین صنعتی، نوآوری به‌ندرت می‌تواند صرفاً در داخل یک شرکت شکل گیرد و نیازمند تعامل میان شرکت‌ها، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و نهادهای تنظیم‌گر است (Mehri & Maleki, 2025). علاوه بر این، شرایط خاص صنعت هوانوردی ایران، شامل محدودیت‌های فناورانه، چالش‌های تأمین تجهیزات، الزامات سختگیرانه ایمنی و پیچیدگی‌های نهادی، ضرورت طراحی الگوهای بومی نوآوری باز را افزایش می‌دهد (Danesh Kohan et al., 2015). شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد، به دلیل ماهیت فناورمحور خود، ظرفیت بالایی برای بهره‌گیری از نوآوری باز دارند؛ زیرا این شرکت‌ها در محیط‌هایی فعالیت می‌کنند که اساساً بر شبکه‌سازی، انتقال دانش، ارتباط دانشگاه و صنعت و حمایت از توسعه فناوری بنا شده‌اند. با این حال، بهره‌برداری مؤثر از این ظرفیت‌ها نیازمند وجود سازوکارهای مشخص برای مدیریت همکاری‌ها، جذب دانش بیرونی، تجاری‌سازی فناوری و ایجاد اعتماد میان بازیگران مختلف است. مطالعات داخلی نشان داده‌اند که اجرای نوآوری باز در شرکت‌های دانش‌بنیان تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل سازمانی، نهادی، فرهنگی و زیرساختی قرار دارد و موفقیت آن نیازمند هماهنگی میان این عوامل است (Foladvand et al., 2022). همچنین، توانمندسازهایی مانند شبکه‌سازی، حمایت نهادی، زیرساخت‌های فناورانه و فرهنگ همکاری، نقش مهمی در استقرار نوآوری باز در شرکت‌های دانش‌بنیان ایفا می‌کنند (Amiri & Davari, 2022).

در حوزه صنایع تخصصی و راهبردی، مطالعات انجام‌شده بر ضرورت توجه به بلوغ نوآوری باز، همکاری‌های بین‌سازمانی و سازوکارهای توسعه فناوری تأکید کرده‌اند. برای مثال، پژوهش‌های انجام‌شده در صنایع دفاعی ایران نشان داده‌اند که عواملی مانند سرمایه‌گذاری مشترک، همکاری فناورانه، شبکه‌سازی و تعامل با شرکت‌های دانش‌بنیان می‌توانند نقش مهمی در توسعه قابلیت‌های نوآوری ایفا کنند (Kanaan et al., 2023). همچنین، بررسی اکوسیستم‌های نوآوری در سازمان‌های فناور نشان می‌دهد که ترکیب قابلیت‌های دانشی، شبکه‌های همکاری و ظرفیت‌های نهادی، زمینه‌ساز توسعه پایدار نوآوری است (Kamfirooz et al., 2024). از سوی دیگر، مطالعات مرتبط با تجاری‌سازی خدمات هوانوردی نشان داده‌اند که موفقیت توسعه فناوری در این صنعت نیازمند پیوند میان قابلیت‌های فنی، سازوکارهای تجاری‌سازی و تعامل مؤثر با ذی‌نفعان است (Fallah Tabar, 2024). (Malekshah et al., 2024).

با وجود رشد مطالعات مرتبط با نوآوری باز، هنوز خلأهای مهمی در زمینه شناخت الگوی بومی این مفهوم در صنایع بسیار تخصصی و مقررات‌محور، به‌ویژه صنعت هوانوردی، وجود دارد. بخش قابل توجهی از مطالعات پیشین در صنایع عمومی، شرکت‌های کوچک و متوسط یا حوزه‌های فناورانه غیرهوانوردی انجام شده است و کمتر پژوهشی به‌صورت جامع ابعاد، مؤلفه‌ها و روابط میان عوامل مؤثر بر نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان ایران را بررسی کرده است. از این‌رو، طراحی مدلی که بتواند الزامات فناورانه، سازمانی، نهادی و محیطی این شرکت‌ها را در نظر گیرد، ضرورتی علمی و کاربردی دارد. چنین مدلی می‌تواند علاوه بر توسعه ادبیات نظری نوآوری باز، مبنایی برای تصمیم‌گیری مدیران، سیاست‌گذاران و نهادهای حمایتی فعال در حوزه فناوری هوانوردی فراهم آورد. در این چارچوب، توجه همزمان به زیست‌بوم نوآوری، ظرفیت جذب دانش، اعتماد سازمانی، تنظیم‌گری، تاب‌آوری فناورانه و فرایندهای هم‌آفرینی ارزش اهمیت ویژه‌ای دارد (Ranaei Kard Shooli et al., 2025).

بنابراین، پژوهش حاضر با هدف طراحی و اعتبارسنجی مدل نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران انجام شده است.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از حیث شیوه گردآوری داده‌ها، آمیخته است. در بخش کیفی، رویکرد تحلیل تماتیک (تحلیل مضمون) و در بخش کمی، تحلیل عاملی تأییدی به کار رفته است. در این پژوهش، برای تحلیل داده‌های کیفی از رویکرد شش مرحله‌ای تحلیل تماتیک پیشنهادی براون و کلارک (۲۰۰۶) استفاده شد. در بخش کیفی این پژوهش، جامعه مورد مطالعه را خبرگان و صاحب‌نظران آگاه به حوزه نوآوری باز در صنعت هوانوردی دانش‌بنیان ایران تشکیل دادند. این جامعه شامل مدیران و مؤسسان شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد، متخصصان فنی و پژوهشی فعال در پروژه‌های طراحی، ساخت، تعمیر یا بومی‌سازی تجهیزات و قطعات هوانوردی، استادان دانشگاه و پژوهشگران دارای سابقه علمی یا اجرایی مرتبط، و نیز برخی مدیران و کارشناسان آشنا با الزامات اکوسیستم فناوری، تجاری‌سازی و تعاملات بین‌سازمانی در این حوزه بوده است. در این بخش، ۱۷ نفر از خبرگان به‌عنوان مشارکت‌کنندگان پژوهش انتخاب شدند. معیار انتخاب این افراد شامل دارا بودن دانش تخصصی و تجربه مستقیم در یکی از حوزه‌های مرتبط با نوآوری، توسعه فناوری، همکاری‌های بین‌سازمانی، تجاری‌سازی یا فعالیت در شرکت‌های دانش‌بنیان هوانوردی، آشنایی کافی با مسائل و اقتضائات زیست‌بوم هوانوردی کشور، و همچنین توانایی ارائه دیدگاه‌های تحلیلی و عمیق درباره ابعاد و مؤلفه‌های نوآوری باز بوده است. روش نمونه‌گیری در این بخش، نمونه‌گیری هدفمند و با رویکرد گلوله‌برفی بوده؛ به این معنا که ابتدا افراد کلیدی و واجد شرایط شناسایی شدند و سپس با معرفی آنان، سایر خبرگان مرتبط انتخاب شدند تا داده‌ها به مرحله اشباع نظری برسند. در بخش کمی پژوهش، جامعه آماری شامل مدیران عامل، اعضای هیئت‌مدیره، مدیران فنی، مدیران تحقیق و توسعه و کارشناسان ارشد شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان و واحدهای فناوری مرتبط بود که به‌طور مستقیم در فرایندهای نوآوری، توسعه فناوری، همکاری‌های بین‌سازمانی، بومی‌سازی، آزمون، تجاری‌سازی و تصمیم‌گیری‌های کلیدی شرکت مشارکت داشتند. با توجه به اینکه موضوع پژوهش، یعنی نوآوری باز، مستلزم شناخت عمیق از تعاملات فناورانه و سازوکارهای همکاری بیرونی است، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد و در صورت دسترسی، توزیع نمونه‌ها به‌صورت متناسب/طبقه‌ای میان مراکز مورد مطالعه انجام گرفت تا نمایندگی مناسبی از واحدهای مختلف حاصل شود. منطق این شیوه نمونه‌گیری آن بود که همه کارکنان و اعضای شرکت‌ها از دانش و تجربه یکسانی در زمینه نوآوری باز برخوردار نیستند و تنها افرادی می‌توانند پاسخ‌های معتبر و تحلیلی ارائه دهند که در سطوح مدیریتی، فنی و راهبردی با این فرایندها درگیر باشند. نمونه‌های این بخش از میان شرکت‌ها و واحدهای فناوری مستقر در استان البرز و سپس با تمرکز بر تهران و اصفهان انتخاب شدند؛ زیرا این مناطق از مهم‌ترین کانون‌های استقرار شرکت‌های فناوری، ظرفیت‌های صنعتی و زیرساخت‌های مرتبط با حوزه هوانوردی در کشور به شمار می‌روند و سهم قابل‌توجهی در فعالیت‌های طراحی، ساخت، تعمیر، توسعه و تجاری‌سازی فناوری‌های هوانوردی دارند. با توجه به الزامات روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) و لزوم دستیابی به کفایت آماری مناسب برای برآورد مدل پژوهش، حجم نمونه بخش کمی ۱۵۰ نفر در نظر گرفته شد. علاوه بر تعیین حجم نمونه بر اساس جدول مورگان، کفایت داده‌ها با استفاده از شاخص KMO و آزمون بارتلت بررسی شد. مقدار شاخص KMO برابر ۰/۸۹ به‌دست آمد که بالاتر از حداقل توصیه‌شده ۰/۷۰ بوده و نشان‌دهنده کفایت داده‌ها برای تحلیل عاملی است. همچنین آزمون بارتلت معنادار بود ($p < ۰.۰۰۱$) که حاکی از همبستگی مناسب بین متغیرها و شایستگی اجرای تحلیل عاملی می‌باشد. برای گردآوری داده‌های کیفی، از مصاحبه نیمه‌ساختاریافته مبتنی بر محورهای پژوهش استفاده گردید. در بخش کمی، ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه‌ای محقق‌ساخته بود که بر اساس تحلیل تماتیک بخش کیفی طراحی و روایی آن توسط خبرگان تأیید شد. برای تحلیل بخش کیفی، از روش تحلیل مضمون بر اساس مدل براون و کلارک استفاده شد. در بخش کیفی از نرم‌افزار MAXQDA و در بخش کمی، با استفاده از نرم‌افزار آماری SMART PLS، تحلیل عاملی تأییدی جهت بررسی روایی سازه‌ای و برازش مدل مفهومی پژوهش انجام شد. برای افزایش اعتبار و اعتمادپذیری یافته‌های بخش کیفی، از راهبردهای مختلفی استفاده شد. در راستای تقویت اعتبار نتایج، روش بازبینی مشارکت‌کنندگان به کار گرفته شد؛ به این صورت که خلاصه‌ای از کدها و نتایج اولیه در اختیار تعدادی از مصاحبه‌شوندگان قرار گرفت و دیدگاه‌ها و اصلاحات پیشنهادی آنان در تحلیل نهایی اعمال شد. همچنین برای ارتقای انتقال‌پذیری نتایج، مشخصات جمعیت‌شناختی مشارکت‌کنندگان و معیارهای انتخاب آن‌ها به طور شفاف گزارش گردید. به منظور تضمین وابستگی داده‌ها نیز تمامی مراحل گردآوری داده‌ها، فرایند کدگذاری و تحلیل به‌صورت دقیق مستندسازی شده و نتایج توسط هم‌تایان مورد بازبینی قرار گرفت. علاوه بر این، برای سنجش تأییدپذیری و پایایی داده‌های کیفی، از شاخص‌های کمی مختلف استفاده شد. در این پژوهش، ضریب کاپای کوهن

برابر با ۰/۸۷/ محاسبه گردید. همچنین به منظور بررسی میزان پایایی کدگذاری‌ها از ضرایب هولستی، پی‌اسکات و آلفای کریپندورف استفاده شد که به ترتیب مقادیر آن‌ها ۰/۸۴/، ۰/۸۹/ و ۰/۸۱/ به دست آمد. از آنجا که تمامی این مقادیر بالاتر از ۰/۷۰/ هستند، می‌توان نتیجه گرفت که کدهای استخراج‌شده از مصاحبه‌ها از سطح مطلوبی از پایایی و اعتمادپذیری برخوردارند.

یافته‌ها

در بخش کیفی این پژوهش، ۱۷ نفر از خبرگان حوزه نوآوری باز در صنعت هوانوردی دانش‌بنیان مورد مصاحبه قرار گرفتند. از نظر سطح تحصیلات، ۱۸ درصد دانشجوی مقطع دکتری، ۴۷ درصد کارشناسی ارشد و ۳۵ درصد دارای مدرک دکتری یا بالاتر بودند که نشان‌دهنده برخورداری مشارکت‌کنندگان از سطح علمی مناسب و تخصص مرتبط با موضوع پژوهش است. از نظر حوزه فعالیت حرفه‌ای، ۴۱ درصد از افراد، مدیران و مؤسسان شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان بودند، ۲۴ درصد مدیران فنی و کارشناسان ارشد فعال در حوزه توسعه فناوری فعالیت داشتند، ۱۸ درصد از متخصصان آشنا با فرایندهای تجاری‌سازی، همکاری‌های فناورانه و تعاملات بین‌سازمانی بودند و ۱۷ درصد نیز اعضای هیئت علمی و پژوهشگران مرتبط را تشکیل می‌دادند. از نظر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، ۱۲ درصد از مشارکت‌کنندگان در بازه سنی ۳۰ تا ۳۹ سال، ۴۶ درصد بین ۴۰ تا ۴۹ سال و ۴۲ درصد در گروه سنی ۵۰ سال و بالاتر قرار داشتند. همچنین ۷۶ درصد از خبرگان مرد و ۲۴ درصد زن بودند. از حیث سابقه فعالیت حرفه‌ای در حوزه‌های مرتبط، ۲۱ درصد کمتر از ۱۰ سال، ۴۹ درصد بین ۱۰ تا ۲۰ سال و ۳۰ درصد بیش از ۲۰ سال سابقه فعالیت و تجربه تخصصی در زمینه نوآوری باز در صنعت هوانوردی دانش‌بنیان داشتند. در این پژوهش از روش تحلیل مضمون استقرایی شش مرحله‌ای کلارک و براون (۲۰۰۶) استفاده شده است. مراحل انجام کار به شرح زیر است:

مرحله اول – آشنایی با داده‌ها: در مرحله تحلیل داده‌های کیفی، پیش از شروع فرایند کدگذاری، ابتدا تمامی مصاحبه‌های انجام‌شده توسط پژوهشگر از حالت صوتی به متن تبدیل و به صورت دستی ثبت گردید. برای افزایش دقت در ثبت داده‌ها، فایل‌های صوتی چندین بار بازشنوایی شد تا اطمینان حاصل شود که محتوای مصاحبه‌ها به طور کامل و بدون حذف هیچ‌یک از جملات یا نکات مهم در متن منعکس شده است. در ادامه، متن دست‌نویس مصاحبه‌ها در محیط نرم‌افزار *Word* تایپ و ساماندهی شد. پس از تهیه نسخه تایپ‌شده، پژوهشگر تمامی متون را چندین مرتبه به دقت مطالعه کرد. از همین مرحله، یادداشت‌برداری‌های اولیه، نشانه‌گذاری بخش‌های مهم متن و ثبت برداشت‌های مقدماتی آغاز گردید تا زمینه لازم برای شناسایی مفاهیم اولیه و انجام کدگذاری منظم در مراحل بعدی تحلیل فراهم شود.

مرحله دوم – ایجاد کدهای اولیه: مرحله دوم تحلیل پس از آن آغاز شد که پژوهشگر با مرور چندباره داده‌ها، درک عمیق‌تری از محتوای مصاحبه‌ها به دست آورد و با مفاهیم مطرح‌شده در آن‌ها آشنا شد. در این گام، متن‌های تایپ‌شده مصاحبه‌ها از محیط نرم‌افزار *Word* به نرم‌افزار تخصصی تحلیل داده‌های کیفی *MAXQDA* انتقال داده شد. سپس فرایند کدگذاری اولیه به صورت منظم بر روی داده‌ها انجام گرفت و در نتیجه این مرحله، در مجموع ۲۰۴ کد اولیه از داده‌های مصاحبه استخراج شد.

مرحله سوم – جستجوی کدهای گزینشی: در این مرحله، کدهای به دست آمده مورد بازبینی و سازمان‌دهی مجدد قرار گرفتند تا در قالب دسته‌های منسجم‌تر سامان یابند. بدین منظور، داده‌های کدگذاری‌شده مرور شده و ارتباط و همپوشانی میان کدهای مختلف برای شکل‌گیری مضامین گسترده‌تر مورد بررسی قرار گرفت. در این فرایند، کدهای تکراری، ناقص یا نامرتب شناسایی و حذف شدند و کدهای مشابه در قالب گروه‌های مفهومی ادغام گردیدند. در نهایت، خروجی این مرحله به استخراج ۶۰ کد گزینشی منجر شد که بیانگر مفاهیم اصلی حاصل از تحلیل داده‌ها بودند.

مرحله چهارم – شکل‌گیری تم‌های فرعی: در این مرحله، پژوهشگر با ترکیب و یکپارچه‌سازی کدهای گزینشی در قالب حوزه‌های مفهومی گسترده‌تر، اقدام به شناسایی تم‌های فرعی و اصلی نمود. بر این اساس، در نتیجه تحلیل داده‌ها تعداد ۱۶ تم فرعی استخراج شد و هم‌زمان چارچوب اولیه برای نام‌گذاری تم‌های اصلی نیز شکل گرفت. لازم به ذکر است که هر یک از تم‌های فرعی باید بر پایه شواهد و داده‌های کافی شکل گرفته و از نظر مفهومی با سایر تم‌ها همپوشانی نداشته باشد. همچنین، تم‌های به دست آمده باید بیانگر ابعاد متفاوت و غیرتکراری داده‌ها باشند. در جدول شماره ۱، نحوه شناسایی و دسته‌بندی داده‌های مرتبط با هر یک از تم‌ها در نمونه مورد مطالعه ارائه شده است.

جدول ۱. ایجاد تمهای فرعی نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران

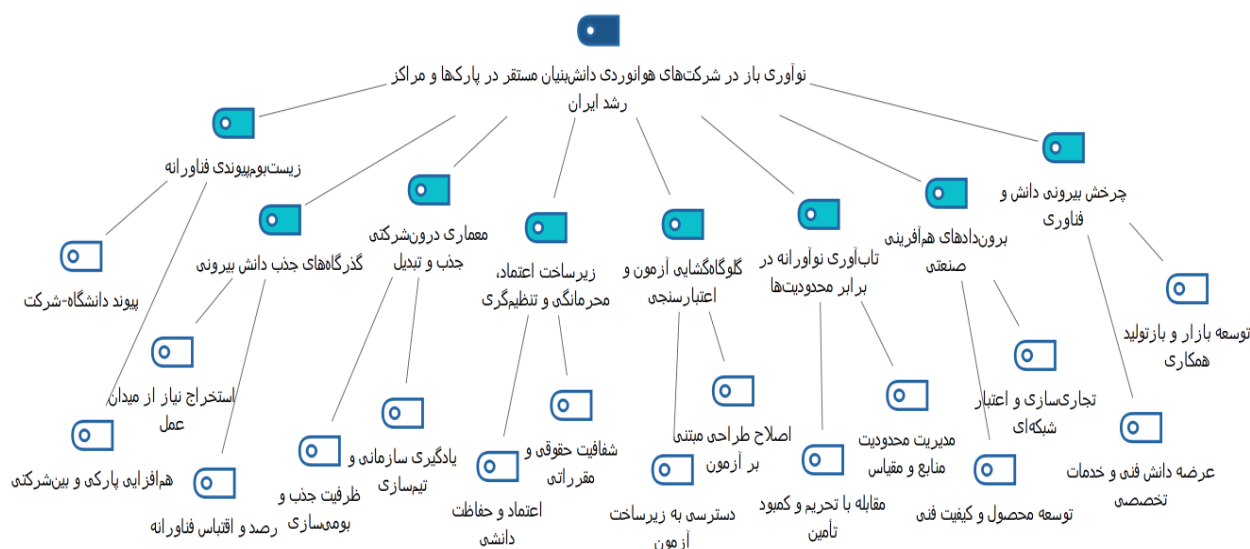
تم‌های فرعی	کدهای گزینشی
پیوند دانشگاه-شرکت	تعریف پایان‌نامه مسئله‌محور؛ استفاده از استادان برای حل مسائل فنی؛ استفاده از آزمایشگاه دانشگاهی؛ جذب دانشجوی تحصیلات تکمیلی برای پروژه‌های توسعه
هم‌افزایی پارکی و بین‌شرکتی	یافتن شریک فنی از مسیر پارک؛ استفاده از خدمات منتورینگ و شبکه‌سازی پارک؛ همکاری با شرکت‌های مکمل مستقر؛ تشکیل تیم مشترک برای پاسخ به نیاز صنعتی
استخراج نیاز از میدان عمل	شناسایی نیاز از خرابی‌های پرتکرار؛ استخراج مسئله از تعمیر و نگهداری ناوگان؛ دریافت بازخورد از بهره‌برداران واقعی؛ تطبیق طراحی با شرایط عملیاتی ایران
رصد و اقتباس فناورانه	پایش فناوری‌های جایگزین در شرایط تحریم؛ استفاده از مستندات فنی عمومی برای یادگیری؛ مهندسی معکوس محدود و هدفمند؛ بهره‌گیری از خبرگان باتجربه برای انتقال دانش ضمنی
ظرفیت جذب و بومی‌سازی	تشخیص ارزش دانش بیرونی؛ سنجش امکان بومی‌سازی فناوری؛ جایگزینی قطعات وارداتی با معادل داخلی؛ انطباق طراحی با توان ساخت داخل
یادگیری سازمانی و تیم‌سازی	مستندسازی تجربه‌های فنی؛ انتقال دانش از فرد به تیم؛ تشکیل تیم‌های بین‌رشته‌ای؛ استفاده از نیروی پاره‌وقت تخصصی برای رفع گلوگاه
اعتماد و حفاظت دانشی	تمایل به اشتراک مسئله فنی با شریک مطمئن؛ تکرار همکاری با شریک قابل اعتماد؛ استفاده از توافق‌نامه عدم افشا؛ کنترل سطح دسترسی به داده‌ها و نقشه‌ها
شفافیت حقوقی و مقرراتی	تعیین مالکیت نتایج پروژه مشترک؛ مشخص بودن سهم طرفین در دانش فنی؛ توجه به الزامات سازمان هواپیمایی از ابتدای طراحی؛ استفاده از قرارداد برای حل اختلاف و حفاظت از دانش
دسترسی به زیرساخت آزمون	استفاده از آزمایشگاه‌های تخصصی داخل کشور؛ وابستگی به دانشگاه یا مرکز پژوهشی برای تست‌های خاص؛ دشواری دسترسی یا نوبت‌گیری تجهیزات کلیدی؛ استفاده از بسترهای داخلی برای آزمون میدانی
اصلاح طراحی مبتنی بر آزمون	ساخت نمونه اولیه با مشارکت بیرونی؛ دریافت داده از تست واقعی؛ اصلاح طراحی براساس خطاهای میدانی؛ سنجش عملکرد در شرایط اقلیمی و بهره‌برداری ایران
مقابله با تحریم و کمبود تأمین	تعریف پروژه برای قطعات تحریمی؛ یافتن تأمین‌کننده داخلی برای مواد و زیرسامانه؛ طراحی مبتنی بر اقلام دردسترس داخلی؛ توسعه دانش ساخت قطعات غیرقابل واردات
مدیریت محدودیت منابع و مقیاس	استفاده مرحله‌ای از گرت و تسهیلات؛ تقسیم پروژه به فازهای کوچک‌تر؛ اتکا به شریک بیرونی برای جبران کمبود تخصص یا تجهیزات؛ تشکیل کنسرسیوم موقت برای پروژه‌های بزرگ‌تر
توسعه محصول و کیفیت فنی	طراحی قطعه یا زیرسامانه بومی؛ رسیدن از ایده به نمونه صنعتی؛ بهبود قابلیت اطمینان و عملکرد؛ ارتقای کیفیت براساس بازخورد مشتری
تجاری‌سازی و اعتبار شبکه‌ای	کوتاه‌شدن مسیر دستیابی به مشتری؛ عقد قرارداد پایلوت؛ افزایش اعتبار شرکت در اکوسیستم؛ دعوت‌شدن به پروژه‌های جدید از مسیر همکاری موفق
عرضه دانش فنی و خدمات تخصصی	واگذاری مستندات ساخت یا تعمیر؛ ارائه خدمات طراحی، تحلیل یا آزمون؛ فروش خدمات مهندسی پیش از تولید انبوه؛ تبدیل دانش ضمنی به خدمت قابل فروش
توسعه بازار و بازتولید همکاری	ورود به بازار با کمک شریک دارای شبکه فروش؛ ارائه بسته مشترک محصول-خدمت؛ تکرار همکاری در پروژه‌های بعدی؛ توسعه همکاری از یک قطعه به یک سامانه

مرحله پنجم - تعریف و نام‌گذاری تم‌های اصلی: مرحله پنجم زمانی آغاز می‌شود که پژوهشگر به درک روشن و منسجمی از تم‌های فرعی دست یافته باشد. در این پژوهش، تحلیل تم‌ها با استفاده از رویکرد شبکه مضامین انجام شد؛ به گونه‌ای که مضامین در سه سطح شامل کدهای گزینشی، تم‌های فرعی و تم‌های اصلی شناسایی و طبقه‌بندی شدند. در این چارچوب، کدهای گزینشی به عنوان مفاهیم اولیه استخراج شده از داده‌ها در نظر گرفته شده و در قالب تم‌های فرعی ساماندهی شدند. در نهایت، تم‌های فرعی در قالب دو تم اصلی این پژوهش دسته‌بندی گردیدند.

جدول ۲. نام‌گذاری تم‌های اصلی

تم‌های اصلی	تم‌های فرعی
زیست‌بوم‌پیوندی فناوریانه	پیوند دانشگاه-شرکت؛ هم‌افزایی پارکی و بین‌شرکتی
گذرگاه‌های جذب دانش بیرونی	استخراج نیاز از میدان عمل؛ رصد و اقتباس فناوریانه
معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل	ظرفیت جذب و بومی‌سازی؛ یادگیری سازمانی و تیم‌سازی
زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری	اعتماد و حفاظت دانشی؛ شفافیت حقوقی و مقرراتی
گلوگاه‌گشایی آزمون و اعتبارسنجی	دسترسی به زیرساخت آزمون؛ اصلاح طراحی مبتنی بر آزمون
تاب‌آوری نوآورانه در برابر محدودیت‌ها	مقابله با تحریم و کمبود تأمین؛ مدیریت محدودیت منابع و مقیاس
برون‌دادهای هم‌آفرینی صنعتی	توسعه محصول و کیفیت فنی؛ تجاری‌سازی و اعتبار شبکه‌ای
چرخش بیرونی دانش و فناوری	عرضه دانش فنی و خدمات تخصصی؛ توسعه بازار و بازتولید همکاری

مرحله ششم - تهیه گزارش: در مرحله ششم تحلیل مضمون، یافته‌های حاصل از مصاحبه با خبرگان در قالب یک ساختار منسجم شامل ۸ تم اصلی و ۱۶ تم فرعی سازمان‌دهی و تفسیر شد. نتایج نشان داد که نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران، پدیده‌ای چندبعدی و متأثر از الزامات فناوریانه، سازمانی، نهادی و محیطی است. در این چارچوب، تم «زیست‌بوم‌پیوندی فناوریانه» بر اهمیت پیوند دانشگاه-شرکت و هم‌افزایی پارکی و بین‌شرکتی در شکل‌گیری تعاملات دانشی و توسعه شبکه‌های همکاری تأکید دارد. تم «گذرگاه‌های جذب دانش بیرونی» نیز بیانگر آن است که شرکت‌ها از طریق استخراج نیاز از میدان عمل و رصد و اقتباس فناوریانه به شناسایی، دریافت و بهره‌برداری از دانش و فناوری بیرونی می‌پردازند. در سطح درون‌سازمانی، تم «معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل» با دو مؤلفه ظرفیت جذب و بومی‌سازی و یادگیری سازمانی و تیم‌سازی، نقش سازوکارهای داخلی شرکت را در تبدیل دانش بیرونی به قابلیت فناوریانه و مزیت کاربردی نشان می‌دهد. همچنین، تم «زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری» شامل اعتماد و حفاظت دانشی و شفافیت حقوقی و مقرراتی است که ضرورت وجود بسترهای نهادی و حقوقی برای تسهیل همکاری‌های بیرونی را آشکار می‌سازد. از سوی دیگر، تم «گلوگاه‌گشایی آزمون و اعتبارسنجی» با تأکید بر دسترسی به زیرساخت آزمون و اصلاح طراحی مبتنی بر آزمون نشان می‌دهد که در صنعت هوانوردی، اعتبارسنجی فنی و آزمون‌پذیری یکی از ارکان کلیدی موفقیت نوآوری باز است. تم «تاب‌آوری نوآورانه در برابر محدودیت‌ها» نیز از طریق دو مؤلفه مقابله با تحریم و کمبود تأمین و مدیریت محدودیت منابع و مقیاس، بر نقش شرایط محیطی خاص کشور در جهت‌دهی به فرایند نوآوری تأکید می‌کند. افزون بر این، تم «برون‌دادهای هم‌آفرینی صنعتی» شامل توسعه محصول و کیفیت فنی و تجاری‌سازی و اعتبار شبکه‌ای، پیامدهای ملموس تعاملات نوآورانه را در سطح محصول، بازار و اعتبار حرفه‌ای شرکت‌ها منعکس می‌سازد. در نهایت، تم «چرخش بیرونی دانش و فناوری» با دو مؤلفه عرضه دانش فنی و خدمات تخصصی و توسعه بازار و بازتولید همکاری نشان می‌دهد که نوآوری باز صرفاً به جذب دانش محدود نمی‌شود، بلکه با انتشار، بهره‌برداری بیرونی و بازتولید روابط همکاری در اکوسیستم نیز تداوم می‌یابد. در مجموع، این یافته‌ها بیانگر آن است که نوآوری باز در صنعت هوانوردی دانش‌بنیان ایران، حاصل برهم‌کنش پویا میان ظرفیت‌های درونی شرکت، پیوندهای اکوسیستمی، زیرساخت‌های اعتماد و تنظیم‌گری، و توانمندی بازیگران در مواجهه با محدودیت‌های محیطی است. در مرحله ششم با ارائه روایت تحلیلی از شبکه مضامین و تبیین روابط مفهومی میان آن‌ها، زمینه طراحی مدل مفهومی پژوهش و تدوین ابزار سنجش در بخش کمی را فراهم ساخت. در انتها خروجی مدل کیفی پژوهش از تم‌های اصلی و تم‌های فرعی ارائه خواهد شد.



شکل ۱. مدل کیفی نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران

در بخش کمی پژوهش، اطلاعات جمعیت‌شناختی ۱۵۰ نفر از پاسخ‌دهندگان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از نظر سطح تحصیلات، بیشترین سهم مربوط به افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد با حدود ۴۹ درصد است. پس از آن، ۳۱ درصد از پاسخ‌دهندگان دارای مدرک کارشناسی و حدود ۲۰ درصد دارای مدرک دکتری بودند. این الگو بیانگر آن است که بخش عمده‌ای از نمونه آماری را افراد با سطح تحصیلات دانشگاهی بالا تشکیل می‌دهند. از نظر سن، بیشترین فراوانی مربوط به گروه سنی ۴۰ تا ۴۹ سال با حدود ۵۱ درصد از کل نمونه است. همچنین حدود ۲۴ درصد در بازه سنی ۳۰ تا ۳۹ سال و نزدیک به ۲۵ درصد در گروه سنی ۵۰ سال و بالاتر قرار دارند که نشان‌دهنده حضور افراد با تجربه حرفه‌ای قابل توجه در میان پاسخ‌دهندگان است. در بررسی توزیع جنسیتی نیز مشاهده شد که ۷۹ درصد از افراد شرکت‌کننده مرد و ۲۱ درصد زن هستند؛ موضوعی که نشان می‌دهد فعالیت‌های نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد بیشتر توسط مردان دنبال می‌شود. از نظر سابقه کاری، حدود ۴۴ درصد از پاسخ‌دهندگان بین ۱۵ تا ۲۵ سال سابقه فعالیت دارند. همچنین ۳۳ درصد دارای سابقه کاری ۵ تا ۱۵ سال و حدود ۲۳ درصد بیش از ۲۵ سال تجربه حرفه‌ای دارند. نمونه مورد مطالعه از نظر تحصیلات، سن و تجربه کاری از سطح مناسبی برخوردار بوده و می‌تواند مبنای قابل اتکایی برای تحلیل روابط میان متغیرهای پژوهش در مدل معادلات ساختاری فراهم کند.

پس از شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های مرتبط با نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران، این مؤلفه‌ها در قالب سازه‌های مفهومی طبقه‌بندی و سامان‌دهی شدند. به‌منظور بررسی صحت و اعتبار این ساختار مفهومی، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) بهره گرفته شد. در این پژوهش، اعتبار سازه‌ها با استفاده از رویکرد حداقل مربعات جزئی مورد ارزیابی قرار گرفت. فرآیند تحلیل معادلات ساختاری در نرم‌افزار SmartPLS در سه گام اصلی انجام شد که شامل ارزیابی مدل اندازه‌گیری (مدل بیرونی)، ارزیابی مدل ساختاری (مدل درونی) و در نهایت بررسی برازش کلی مدل است. شاخص‌های مربوط به ارزیابی مدل اندازه‌گیری در جدول (۳) ارائه شده است.

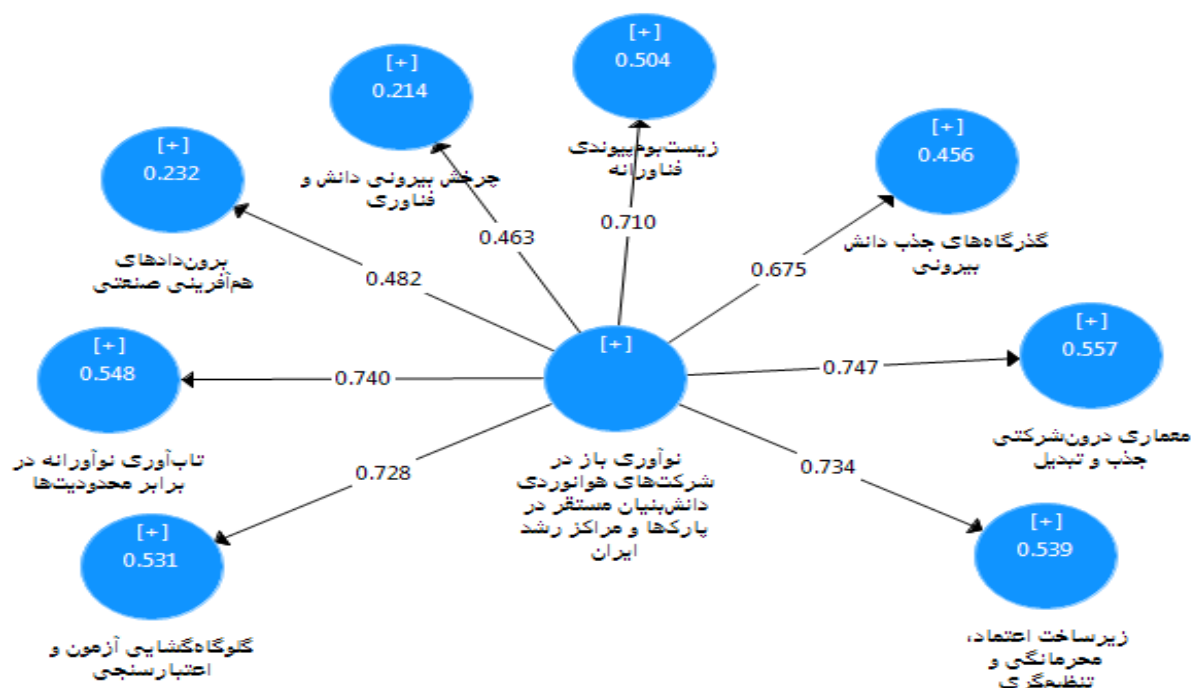
جدول ۳. مدل اندازه‌گیری نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران

ابعاد	آلفا کرونباخ	پایایی مرکب CR	(AVE)	RHO_A
زیست‌بوم‌پیوندی فناوریانه	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۶۷	۰/۸۵
گذرگاه‌های جذب دانش بیرونی	۰/۸۱	۰/۸۷	۰/۶۳	۰/۸۲
معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل	۰/۷۹	۰/۸۶	۰/۶۱	۰/۸۰
زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری	۰/۸۶	۰/۹۰	۰/۶۹	۰/۸۷

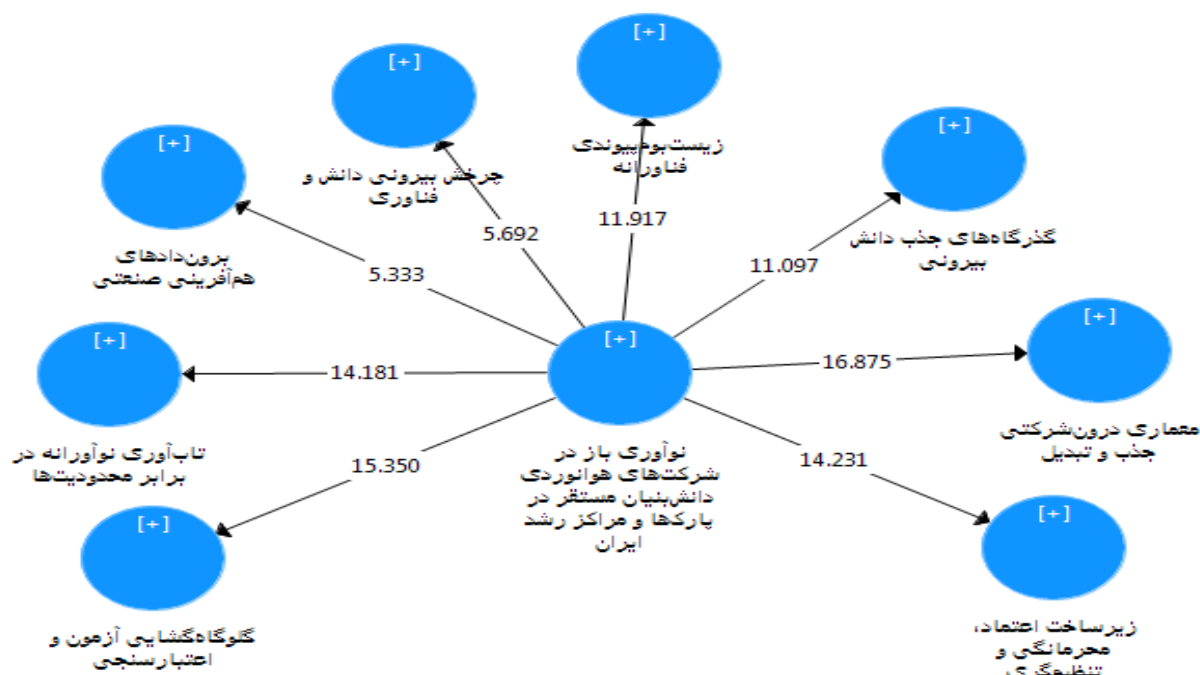
۰/۸۳	۰/۶۵	۰/۸۸	۰/۸۲	گلوگاه‌گشایی آزمون و اعتبارسنجی
۰/۸۱	۰/۶۴	۰/۸۷	۰/۸۰	تاب‌آوری نوآورانه در برابر محدودیت‌ها
۰/۸۶	۰/۶۸	۰/۸۹	۰/۸۵	برون‌دادهای هم‌آفرینی صنعتی
۰/۸۴	۰/۶۶	۰/۸۸	۰/۸۳	چرخش بیرونی دانش و فناوری

نتایج این جدول نشان‌دهنده پایایی و روایی همگرا بسیار مطلوب سازه‌ها هستند. تمامی مقادیر در محدوده استاندارد قرار دارند و همبستگی درونی بالایی دارند.

برای بررسی برازش مدل ساختاری، از آماره t جهت سنجش معناداری روابط میان متغیرها بهره گرفته شده است. چنانچه مقدار این آماره از آستانه‌های ۱/۶۴، ۱/۹۶ و ۲/۵۸ عبور کند، بیانگر تأیید معناداری رابطه در سطح اطمینان به ترتیب ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد است؛ در چنین شرایطی، داده‌های پژوهش فرضیه وجود رابطه را تأیید می‌کنند. علاوه بر این، جهت و شدت تأثیرگذاری متغیرها توسط ضریب مسیر تبیین می‌شود؛ به نحوی که مقادیر مثبت نشان‌دهنده رابطه مستقیم و هم‌افزا (افزایش همزمان هر دو متغیر) و مقادیر منفی نشان‌دهنده رابطه معکوس (تأثیر بازدارنده یک متغیر بر دیگری) است.



شکل ۲. مدل ساختاری نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران (تخمین استاندارد)



شکل ۳. مدل ساختاری نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران (t-value)

جدول ۴. اثرات کل نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران

معیار	مسیر	ابعاد	آماره t	ضریب مسیر	انحراف استاندارد	سطح معنی - نتیجه
نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران	به سمت	زیست‌بوم پیوندی فناوریانه	۱۱/۹۱۷	۰/۷۱۰	۰/۰۴۵	۰/۰۰۰۰۵
نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران	به سمت	گذرگاه‌های جذب دانش بیرونی	۱۱/۰۹۷	۰/۶۷۵	۰/۰۳۲	۰/۰۰۰
نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران	به سمت	معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل	۱۶/۸۷۵	۰/۷۴۷	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰
نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران	به سمت	زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری	۱۴/۲۳۱	۰/۷۳۴	۰/۰۵۱	۰/۰۰۰۰۱
نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران	به سمت	گلوگاه‌گشایی آزمون و اعتبارسنجی	۱۵/۳۵۰	۰/۷۲۸	۰/۰۶۳	۰/۰۰۰
نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران	به سمت	تاب‌آوری نوآورانه در برابر محدودیت‌ها	۱۴/۱۸۱	۰/۷۴۰	۰/۰۴۹	۰/۰۰۰

نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی	به سمت	برون‌دادهای هم‌آفرینی صنعتی	۵/۳۳۳	۰/۴۸۲	۰/۰۵۸	۰/۰۰۰	تایید
دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران							
نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی	به سمت	چرخش بیرونی دانش و فناوری	۵/۶۹۲	۰/۴۶۳	۰/۰۶۹	۰/۰۰۰	تایید
دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران							

ضریب تعیین (R^2) یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفیت مدل در رویکرد حداقل مربعات جزئی محسوب می‌شود و نشان می‌دهد چه میزان از تغییرات متغیرهای وابسته توسط متغیرهای مستقل مدل توضیح داده می‌شود. افزون بر این، شاخص استون-گیسر (Q^2) به منظور سنجش قدرت پیش‌بینی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد و توانایی مدل را در پیش‌بینی سازه‌های درون‌زا مشخص می‌کند. در مجموع، بررسی هم‌زمان این شاخص‌ها تصویری از میزان کارآمدی مدل در تبیین و پیش‌بینی روابط میان متغیرها فراهم می‌آورد، هرچند این نتایج به معنای اثبات قطعی روابط میان سازه‌ها تلقی نمی‌شود.

جدول ۵. ضریب تعیین و معیار استون-گیسر نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران

ابعاد	R^2	وضعیت	Q^2	وضعیت
زیست‌بوم‌پیوندی فناوریانه	۰/۵۰۴	برازش متوسط	۰/۴۱۹	قدرت پیش‌بینی قوی
گذرگاه‌های جذب دانش بیرونی	۰/۴۵۶	برازش متوسط	۰/۳۶۳	قدرت پیش‌بینی قوی
معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل	۰/۵۵۷	برازش متوسط	۰/۴۱۶	قدرت پیش‌بینی قوی
زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری	۰/۵۳۹	برازش متوسط	۰/۲۷۳	قدرت پیش‌بینی متوسط
گلوگاه‌گشایی آزمون و اعتبارسنجی	۰/۵۳۱	برازش متوسط	۰/۲۰۷	قدرت پیش‌بینی متوسط
تاب‌آوری نوآورانه در برابر محدودیت‌ها	۰/۵۴۸	برازش متوسط	۰/۳۱۰	قدرت پیش‌بینی متوسط
برون‌دادهای هم‌آفرینی صنعتی	۰/۲۳۲	برازش ضعیف	۰/۲۷۸	قدرت پیش‌بینی متوسط
چرخش بیرونی دانش و فناوری	۰/۲۱۴	برازش ضعیف	۰/۳۱۶	قدرت پیش‌بینی متوسط

بر اساس خروجی مدل نشان داده‌شده در جدول شماره (۵) مقدار $\overline{R^2}$ متغیرهای درون‌زای مدل برابر است با (۰/۴۴۷) می‌باشد و مقدار *Communalities* از میانگین مقادیر اشتراکی متغیرهای پنهان مرتبه اول به دست می‌آید. این مقادیر برای متغیرهای پنهان مرتبه اول مدل، برابر است با (۰/۴۰۵). بدین ترتیب مقدار معیار *GOF* برای پژوهش فوق برابر می‌شود با:

$$GOF = \sqrt{\text{Communitiy} \times R^2} = \sqrt{0.405 \times 0.447} = 0.425$$

با توجه به سه مقدار ۰/۲۵؛ ۰/۳۶ و به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای *GOF* حاصل شدن مقدار ۰/۴۲۵ برای *GOF* نشان از برازش کلی قوی مدل در پژوهش حاضر دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف طراحی و اعتبارسنجی مدل نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان مستقر در پارک‌ها و مراکز رشد ایران انجام شد. یافته‌های بخش کیفی نشان داد که نوآوری باز در این شرکت‌ها پدیده‌ای چندبعدی است که در قالب هشت بُعد اصلی شامل زیست‌بوم‌پیوندی فناوریانه، گذرگاه‌های جذب دانش بیرونی، معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل، زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری، گلوگاه‌گشایی آزمون و اعتبارسنجی، تاب‌آوری نوآورانه در برابر محدودیت‌ها، برون‌دادهای هم‌آفرینی صنعتی و چرخش بیرونی دانش و فناوری قابل تبیین است. همچنین، یافته‌های بخش کمی نشان داد که تمامی ابعاد شناسایی‌شده اثر معناداری بر مدل نوآوری باز داشته‌اند و مدل نهایی از برازش

مطلوبی برخوردار است. علاوه بر این، بیشترین ضرایب مسیر مربوط به معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل دانش، تاب‌آوری نوآورانه و زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که نوآوری باز در صنعت هوانوردی دانش‌بنیان صرفاً حاصل تعاملات بیرونی نیست، بلکه نتیجه تعامل پویا میان قابلیت‌های داخلی سازمان، شبکه‌های دانشی، سازوکارهای نهادی و توانایی سازگاری با محدودیت‌های محیطی است.

یافته نخست پژوهش مبنی بر نقش محوری زیست‌بوم‌پیوندی فناورانه در تحقق نوآوری باز نشان می‌دهد که شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان برای توسعه قابلیت‌های نوآورانه خود نیازمند ایجاد روابط پایدار با دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، شرکت‌های مکمل و سایر بازیگران اکوسیستم فناوری هستند. این یافته با دیدگاه اکوسیستم نوآوری همسو است که نوآوری را نتیجه تعامل شبکه‌ای میان بازیگران مختلف و نه صرفاً فعالیت داخلی یک سازمان می‌داند. در این چارچوب، شرکت‌ها از طریق حضور در شبکه‌های همکاری، به منابع دانشی، زیرساخت‌های فناورانه و فرصت‌های توسعه مشترک دسترسی پیدا می‌کنند (Canini et al., 2026). همچنین، مطالعات انجام‌شده درباره سازمان‌دهی اکوسیستم‌های نوآوری باز نشان داده‌اند که شکل‌گیری شبکه‌های همکاری نیازمند فرایندهای تدریجی اعتمادسازی، هماهنگی میان بازیگران و ایجاد سازوکارهای مشترک خلق ارزش است (Remneland Wikhamn & Styhre, 2023). بنابراین، یافته حاضر تأکید می‌کند که شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان ایران برای عبور از محدودیت‌های منابع داخلی، باید جایگاه خود را در شبکه‌های فناورانه تقویت کرده و از ظرفیت‌های موجود در پارک‌ها و مراکز رشد به‌عنوان بسترهای تسهیل‌کننده نوآوری بهره‌گیرند.

یافته دوم پژوهش درباره اهمیت گذرگاه‌های جذب دانش بیرونی نشان داد که شناسایی، دریافت و بهره‌برداری از دانش خارج از سازمان یکی از ارکان اساسی نوآوری باز در صنعت هوانوردی است. این نتیجه با مطالعاتی همخوان است که نشان داده‌اند جریان‌های ورودی دانش، زمانی می‌توانند به بهبود عملکرد نوآورانه منجر شوند که سازمان دارای ظرفیت جذب کافی برای پردازش و تبدیل این دانش باشد (Mubarak et al., 2026). به عبارت دیگر، ارتباط با دانشگاه‌ها، شرکای فناور و سایر منابع دانش به‌تنهایی تضمین‌کننده نوآوری نیست، بلکه توانایی سازمان در ارزیابی، بومی‌سازی و استفاده عملی از دانش دریافت‌شده اهمیت تعیین‌کننده دارد. در همین راستا، پژوهش‌های انجام‌شده درباره نقش سرریزهای دانشی میان شرکت‌های باسابقه و استارت‌آپ‌ها نشان داده‌اند که انتقال دانش و یادگیری بین‌سازمانی می‌تواند به توسعه قابلیت‌های تحقیق و توسعه و تقویت مزیت رقابتی منجر شود (Jha & Basu, 2025). بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر بر ضرورت توسعه سازوکارهای نظام‌مند برای رصد فناوری، جذب دانش تخصصی و تبدیل آن به قابلیت‌های فناورانه داخلی تأکید دارد.

یافته سوم مربوط به نقش برجسته معماری درون‌شرکتی جذب و تبدیل دانش است. این بعد که یکی از بالاترین ضرایب مسیر را در مدل پژوهش داشت، نشان می‌دهد که موفقیت نوآوری باز بیش از آنکه به تعداد تعاملات بیرونی وابسته باشد، به توانایی سازمان در تبدیل دانش دریافت‌شده به فناوری، محصول یا خدمت ارزش‌آفرین بستگی دارد. این یافته با نظریه ظرفیت جذب همسو است که بیان می‌کند سازمان‌ها باید قابلیت تشخیص ارزش دانش بیرونی، جذب، تبدیل و بهره‌برداری از آن را توسعه دهند (Scaringella, 2025). همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که کسب دانش ضمنی و ترکیب آن با دانش موجود سازمان، نقش مهمی در ایجاد قابلیت‌های نوآوری هم‌افزا دارد (Xu et al., 2023). در صنعت هوانوردی که دانش فنی پیچیده، تخصصی و اغلب ضمنی است، وجود ساختارهای یادگیری سازمانی، تیم‌های میان‌رشته‌ای و سازوکارهای انتقال دانش داخلی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. از این منظر، یافته پژوهش حاضر نشان می‌دهد که شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان باید نوآوری باز را نه فقط به‌عنوان فرایند ارتباط با بیرون، بلکه به‌عنوان قابلیت سازمانی برای یادگیری و بازاریابی منابع در نظر بگیرند.

یافته چهارم پژوهش درباره اهمیت زیرساخت اعتماد، محرمانگی و تنظیم‌گری، بیانگر نقش عوامل نهادی و رابطه‌ای در موفقیت نوآوری باز است. در صنایع پیشرفته‌ای مانند هوانوردی، همکاری فناورانه همواره با چالش‌هایی مانند حفاظت از دانش فنی، مالکیت فکری، عدم تقارن اطلاعاتی و نگرانی درباره افشای فناوری همراه است. بنابراین، ایجاد اعتماد میان شرکای نوآوری و وجود چارچوب‌های حقوقی و تنظیمی شفاف، پیش‌شرط شکل‌گیری همکاری‌های پایدار است. این یافته با پژوهش‌هایی همسو است که اعتماد را یکی از عناصر بنیادین مدیریت نوآوری باز معرفی کرده‌اند و نشان داده‌اند که اعتماد می‌تواند کیفیت تعاملات دانشی و اثربخشی همکاری‌های بین‌سازمانی را افزایش دهد (Antonelli et al., 2026). همچنین، مطالعات داخلی نیز بر نقش عوامل نهادی، حمایتی و تنظیم‌گری در پیاده‌سازی موفق نوآوری باز در شرکت‌های دانش‌بنیان تأکید کرده‌اند.

(Foladvand et al., 2022). بر این اساس، در صنعت هوانوردی ایران، توسعه نوآوری باز نیازمند ایجاد سازوکارهایی برای حفاظت از دانش، تعریف مالکیت نتایج همکاری‌ها و کاهش عدم قطعیت‌های حقوقی است.

یافته پنجم پژوهش نشان داد که تاب‌آوری نوآورانه در برابر محدودیت‌ها یکی از ابعاد مهم مدل نوآوری باز است. این موضوع به‌ویژه در شرایط صنعت هوانوردی ایران اهمیت دارد؛ زیرا شرکت‌ها با محدودیت‌هایی مانند دشواری دسترسی به فناوری‌های خارجی، مشکلات تأمین تجهیزات و محدودیت منابع مواجه هستند. یافته حاضر نشان می‌دهد که نوآوری باز می‌تواند نه تنها ابزاری برای توسعه فناوری، بلکه راهبردی برای سازگاری سازمانی در محیط‌های پرچالش باشد. مطالعات مربوط به تاب‌آوری صنعت هوانوردی نیز بر اهمیت قابلیت سازگاری، شبکه‌سازی و استفاده از ظرفیت‌های داخلی برای مواجهه با اختلالات محیطی تأکید کرده‌اند (Mehri & Maleki, 2025). همچنین، پژوهش‌های مرتبط با عوامل موفقیت نوآوری باز نشان داده‌اند که توانایی سازمان‌ها برای بازیگربندی منابع، مدیریت شبکه‌های نوآوری و سازگاری با تغییرات محیطی از عوامل کلیدی موفقیت آنهاست (Asgarshamsi et al., 2024). بنابراین، مدل ارائه‌شده در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که نوآوری باز در شرایط محدودیت، می‌تواند به‌عنوان سازوکاری برای افزایش انعطاف‌پذیری نوآورانه شرکت‌ها عمل کند.

یافته‌های پژوهش همچنین نشان داد که نوآوری باز به تولید پیامدهایی همچون توسعه محصول، ارتقای کیفیت فنی، تجاری‌سازی و افزایش اعتبار شبکه‌ای منجر می‌شود. این یافته با مطالعاتی همخوان است که نوآوری باز را عاملی مؤثر در بهبود عملکرد نوآوری و ایجاد ارزش مشترک میان سازمان‌ها و شرکای بیرونی معرفی کرده‌اند (Majchrzak et al., 2023). همچنین، پژوهش‌های انجام‌شده درباره شرکت‌های کوچک و متوسط نشان داده‌اند که شبکه‌های نوآوری باز می‌توانند مسیر دسترسی شرکت‌ها به منابع، بازارها و فرصت‌های توسعه را تسهیل کنند (Marullo et al., 2024). در صنعت هوانوردی، که توسعه محصول معمولاً نیازمند همکاری‌های گسترده و اعتبارسنجی‌های پیچیده است، این پیامدها اهمیت ویژه‌ای دارند.

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مدل نوآوری باز در شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان ایران باید بر مبنای یک رویکرد یکپارچه شامل تعاملات اکوسیستمی، ظرفیت‌های داخلی جذب دانش، اعتماد سازمانی، زیرساخت‌های تنظیم‌گری و تاب‌آوری نوآورانه طراحی شود. این یافته با مطالعات داخلی درباره اکوسیستم نوآوری باز شرکت‌های دانش‌بنیان همسو است که بر نقش همزمان عوامل نوآورانه، سازمانی، حقوقی و راهبردی در موفقیت نوآوری باز تأکید کرده‌اند (Shafiei Nikabadi et al., 2025). همچنین، پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه پارک‌های علم و فناوری نشان داده‌اند که قابلیت‌های مدیریت دانش و شبکه‌های همکاری می‌توانند از طریق نوآوری باز به ارتقای عملکرد نوآورانه منجر شوند (Talebi et al., 2022). بنابراین، مدل حاضر می‌تواند چارچوبی مفهومی برای فهم و توسعه نوآوری باز در یکی از پیچیده‌ترین صنایع نوآورانه کشور فراهم آورد. این پژوهش با وجود ارائه یک مدل جامع، با محدودیت‌هایی مواجه بود. نخست، بخش عمده داده‌های پژوهش از خبرگان، مدیران و کارشناسان شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان جمع‌آوری شد؛ بنابراین، ممکن است دیدگاه سایر ذی‌نفعان مانند سیاست‌گذاران، مشتریان، شرکت‌های تأمین‌کننده و نهادهای نظارتی به‌طور کامل منعکس نشده باشد. دوم، ماهیت مقطعی بخش کمی پژوهش امکان بررسی تغییرات مدل نوآوری باز در طول زمان را محدود می‌کند. سوم، شرایط خاص صنعت هوانوردی ایران و ویژگی‌های نهادی و نوآورانه آن ممکن است تعمیم نتایج به سایر صنایع یا کشورهای دیگر را با محدودیت مواجه سازد.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده اعتبار مدل ارائه‌شده را در سایر صنایع پیشرفته مانند صنایع فضایی، دفاعی و تجهیزات پزشکی بررسی کنند. همچنین، انجام مطالعات طولی می‌تواند تغییرات قابلیت‌های نوآوری باز و تأثیر آن بر عملکرد شرکت‌ها را در دوره‌های زمانی مختلف آشکار سازد. استفاده از روش‌های مقایسه‌ای میان شرکت‌های داخلی و خارجی نیز می‌تواند به شناسایی تفاوت‌های نهادی و مدیریتی در اجرای نوآوری باز کمک کند. علاوه بر این، بررسی نقش متغیرهایی مانند فرهنگ سازمانی، رهبری نوآورانه، هوش مصنوعی و تحول دیجیتال می‌تواند ابعاد جدیدی از مدل نوآوری باز را آشکار سازد.

بر اساس یافته‌های پژوهش، مدیران شرکت‌های هوانوردی دانش‌بنیان باید توسعه نوآوری باز را به‌عنوان یک قابلیت راهبردی در نظر گرفته و سازوکارهای مشخصی برای مدیریت همکاری‌های دانشگاهی، صنعتی و نوآورانه ایجاد کنند. تقویت واحدهای مدیریت دانش، توسعه شبکه‌های همکاری، ایجاد قراردادهای شفاف برای حفاظت از مالکیت فکری، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آزمون و اعتبارسنجی و ارتقای قابلیت‌های یادگیری سازمانی می‌تواند زمینه تحقق مؤثرتر نوآوری باز را فراهم سازد. همچنین، نهادهای

سیاست‌گذار و حمایتی می‌توانند با ایجاد بسترهای قانونی، مالی و زیرساختی مناسب، نقش مهمی در تسهیل تعاملات میان شرکت‌های هوانوردی، دانشگاه‌ها و سایر بازیگران اکوسیستم نوآوری ایفا کنند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

Extended Summary

Introduction

In recent years, the increasing complexity of technological development, accelerated innovation cycles, and the growing dispersion of knowledge resources have challenged traditional closed innovation approaches. Organizations, particularly technology-intensive firms, can no longer rely solely on internal capabilities for innovation and competitiveness. Instead, they increasingly need to establish systematic interactions with external actors, including universities, research institutions, technology firms, customers, suppliers, and regulatory organizations. In this context, open innovation has emerged as a dominant paradigm in innovation management, emphasizing the purposeful inflow and outflow of knowledge, technologies, and ideas across organizational boundaries (Beltramo et al., 2026). Unlike traditional innovation models that assume innovation is primarily generated within organizational boundaries, open innovation considers knowledge as a distributed resource embedded within broader innovation networks and ecosystems (Majchrzak et al., 2023).

The significance of open innovation is particularly evident in knowledge-based firms because these organizations often operate under conditions of limited resources, rapid technological change, and high uncertainty. Such firms require access to external knowledge sources and complementary capabilities to accelerate technology development and enhance innovation performance. However, external knowledge acquisition alone does not guarantee innovation outcomes; organizations must



possess the internal capabilities necessary for identifying, absorbing, transforming, and exploiting external knowledge. Recent studies have highlighted the central role of absorptive capacity as a mechanism that connects open innovation activities with improved product development performance and competitive advantage (Mubarak et al., 2026). Similarly, research has demonstrated that knowledge acquisition and transformation processes are essential for converting external knowledge into innovative capabilities (Xu et al., 2023).

Open innovation has increasingly been conceptualized within the framework of innovation ecosystems, where value creation occurs through interactions among multiple stakeholders rather than through isolated organizational activities. Innovation ecosystems enable firms to access complementary resources, establish collaborative relationships, and develop shared technological solutions (Canini et al., 2026). In this perspective, successful open innovation requires not only technological capabilities but also effective ecosystem governance, trust-based relationships, and mechanisms for coordinating interactions among diverse actors (Remneland Wikhamn & Styhre, 2023). Moreover, studies have emphasized that human and relational factors, including trust, knowledge sharing, and management of tacit knowledge, significantly influence the effectiveness of open innovation practices (Scaringella & Scaringella, 2025).

The aviation industry represents one of the most complex and knowledge-intensive sectors in which open innovation is highly relevant. Aviation technologies require multidisciplinary expertise, extensive research and development activities, rigorous testing and validation procedures, and compliance with strict safety and regulatory standards. Consequently, aviation firms must rely on broad networks of scientific, technological, industrial, and institutional partners to develop and commercialize innovative solutions. In Iran, knowledge-based aviation firms face additional challenges, including technological restrictions, limited access to advanced infrastructure, supply constraints, and regulatory complexities, which increase the need for adaptive and network-oriented innovation approaches (Mehri & Maleki, 2025). Previous studies have also emphasized that innovation in Iran's aviation-related industries depends on strengthening collaboration networks, improving technological capabilities, and developing effective mechanisms for knowledge transfer (Danesh Kohan et al., 2015).

Although previous research has investigated open innovation in knowledge-based firms and technology-oriented industries, significant gaps remain regarding the development of a context-specific model for aviation knowledge-based companies. Existing studies have mainly focused on general manufacturing sectors, small and medium-sized enterprises, or broader innovation ecosystems, while less attention has been paid to industries characterized by high technological complexity and regulatory sensitivity. Studies in knowledge-based companies have shown that open innovation implementation depends on organizational, institutional, cultural, and infrastructural factors (Foladvand et al., 2022). Furthermore, innovation networks, knowledge management capabilities, and organizational enablers have been identified as important foundations for successful open innovation implementation (Amiri & Davari, 2022; Shafiei Nikabadi et al., 2025). Therefore, developing an integrated model that explains the specific dimensions and mechanisms of open innovation in knowledge-based aviation firms is necessary.

Accordingly, the present study aimed to design and validate an open innovation model for knowledge-based aviation firms located in science parks and growth centers in Iran. The study sought to identify the key dimensions of open innovation, examine their structural relationships, and provide a localized framework for enhancing innovation capabilities in the aviation sector.

Methods and Materials



This study employed an applied research design using an exploratory mixed-methods approach. In the qualitative phase, semi-structured interviews were conducted with 17 experts, including academic specialists, managers, founders, technical experts, and professionals involved in knowledge-based aviation firms. Participants were selected through purposive and snowball sampling until theoretical saturation was achieved. The qualitative data were analyzed using thematic analysis, and MAXQDA software was used for organizing and coding the interview data.

In the quantitative phase, the conceptual model developed from the qualitative findings was tested using structural equation modeling based on the partial least squares approach (PLS-SEM). The statistical sample consisted of 150 managers, technical managers, research and development specialists, and experts working in knowledge-based aviation firms and related technology units. Data were collected using a researcher-developed questionnaire based on the extracted themes from the qualitative phase. The validity and reliability of the measurement model were examined, and the structural relationships among the identified dimensions were assessed using SmartPLS software.

Findings

The qualitative analysis resulted in the identification of eight main dimensions and sixteen subcomponents representing open innovation in knowledge-based aviation firms. The identified dimensions included technological ecosystem embeddedness, external knowledge acquisition channels, intra-organizational architecture for knowledge absorption and transformation, trust/confidentiality/regulatory infrastructure, testing and validation bottleneck removal, innovative resilience against constraints, industrial co-creation outcomes, and external circulation of knowledge and technology.

The quantitative findings confirmed the validity of the proposed model. The measurement model demonstrated acceptable reliability and convergent validity across all constructs. The structural model analysis indicated that all identified dimensions had significant effects on open innovation. The overall model fit was strong, with a goodness-of-fit (GOF) value of 0.425.

Among the examined dimensions, the strongest path coefficients were associated with intra-organizational architecture for knowledge absorption and transformation, innovative resilience against constraints, and trust, confidentiality, and regulatory infrastructure. The results indicated that internal organizational capabilities, adaptive capacity, and institutional mechanisms play a central role in explaining open innovation development in aviation knowledge-based firms.

Discussion and Conclusion

The findings demonstrate that open innovation in knowledge-based aviation firms is not merely a consequence of external collaboration but is a complex capability emerging from the interaction between internal organizational capacities and external innovation networks. The identified model highlights that successful open innovation requires firms to simultaneously develop external relationships and internal mechanisms for knowledge absorption, transformation, and utilization.

The importance of technological ecosystem embeddedness indicates that aviation firms should strengthen their relationships with universities, research centers, technology companies, and innovation-supporting institutions. Participation in innovation networks can provide access to complementary resources and facilitate collaborative technology development. However, external relationships become effective only when organizations possess sufficient internal capabilities to process and exploit acquired knowledge.

The findings regarding knowledge absorption and transformation emphasize that open innovation should be considered an organizational learning capability rather than simply a strategy for acquiring external knowledge. Aviation firms need to establish internal structures that enable knowledge integration, interdisciplinary collaboration, and conversion of external information into technological solutions.



The significant role of trust, confidentiality, and regulation highlights the importance of institutional and relational mechanisms in aviation innovation. Given the sensitivity of aviation technologies, collaboration requires clear agreements regarding intellectual property, knowledge protection, and regulatory compliance. Establishing reliable governance mechanisms can reduce collaboration risks and encourage knowledge exchange among innovation partners.

Furthermore, the role of innovative resilience demonstrates that open innovation can function as a strategic mechanism for responding to environmental constraints. For aviation firms operating under technological and resource limitations, developing flexible networks and adaptive capabilities can support continuous innovation and technological advancement.

Overall, the validated model provides a comprehensive framework for understanding open innovation in Iran's knowledge-based aviation firms. The findings suggest that policymakers, managers, and innovation-supporting organizations should focus on strengthening innovation ecosystems, improving knowledge management capabilities, facilitating collaborative infrastructures, and creating supportive regulatory environments. By adopting a localized, network-oriented, and capability-based approach, aviation knowledge-based firms can enhance their innovation capacity and improve their ability to develop competitive technologies.

References

- Amiri, S., & Davari, A. (2022). Designing a Model of Enablers for Implementing Open Innovation in Knowledge-Based Companies. *Karafarin Scientific Quarterly*, 19(2), 137-161. <https://doi.org/10.48301/kssa.2021.295991.1634>
- Antonelli, G. A., Di Prisco, D., & Leone, M. I. (2026). Trust in Open Innovation: An Integrated Model Based on a Systematic Literature Review. *R&D Management*, 56(1), 37-54. <https://doi.org/10.1111/radm.70007>
- Asgarshamsi, N., Aghajani, H. A., & Mohseni Kiasari, M. (2024). Framework of Factors Explaining the Success of Open Innovation from the Perspective of Innovation Networks. *Innovation Management*, 13(2), 1-36. <https://doi.org/10.22034/imj.2024.442562.2789>
- Beltramino, N. S., Madrid-Guijarro, A., & Garcia-Perez-de-Lema, D. (2026). Enhancing Open Innovation in Argentine SMEs: The Role of Intellectual Capital Dimensions. *Journal of Management and Governance*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10997-025-09773-9>
- Canini, D., Tjonndal, A., & Vicentini, F. (2026). Open Innovation Ecosystems: A Scoping Review and Conceptual Model for Sport Management. *Managing Sport and Leisure*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/23750472.2026.2620493>
- Danesh Kohan, H., Elyasi, M., Pilevari, N., & Tabatabaei Bafghi, S. M. (2015). Investigation and Prioritization of Key Success Factors of Innovation in Iran's UAV Industry. *Innovation Management*, 4(4), 103-107. https://www.nowavari.ir/article_15364.html
- Fallah Tabar Malekshah, R., Delafrooz, N., Shahroudi, K., & Shabgoo Monsef, S. M. (2024). Designing a Business Commercialization Model for Iran's Air Navigation Industry Services. *Innovation Management in Defense Organizations*, 7(3), 45-72. <https://doi.org/10.22034/qjimdo.2024.440591.1659>
- Foladvand, N., Yaman Khan, N., & Mojibi, T. (2022). Open Innovation Implementation Model in Knowledge-Based Companies of Tehran Province. *Interdisciplinary Studies of Strategic Knowledge*, 12(47), 251-280. <https://doi.org/10.1001.1.24234621.1401.12.47.10.2>
- Jha, S., & Basu, S. (2025). Knowledge Spillovers Between R&D-Driven Incumbents and Start-Ups in Open Innovation: A Systematic Review and Nomological Network. *Journal of Knowledge Management*, 29(2), 588-638. <https://doi.org/10.1108/JKM-05-2024-0563>
- Kamfiroozi, M. H., Ghaseminejad, Y., & Saberi, E. (2024). Analysis of the Innovation System Ecosystem in Military Organizations. *Innovation Management in Defense Organizations*, 7(4), 67-100. <https://doi.org/10.22034/qjimdo.2024.467033.1693>
- Kanaan, S. M., Manteghi, M., & Khamseh, A. (2023). Identifying Components of an Open Innovation Maturity Model in Iran's Defense Industries Based on Meta-Synthesis Method. *Value Creation in Business Management*, 3(3), 158-179. <https://doi.org/10.22034/jvcbm.2023.404151.1126>
- Majchrzak, A., Bogers, M. L., Chesbrough, H., & Holgersson, M. (2023). Creating and Capturing Value from Open Innovation: Humans, Firms, Platforms, and Ecosystems. *California Management Review*, 65(2), 5-21. <https://doi.org/10.1177/0008125623115883>
- Marullo, C., Shapira, P., & Di Minin, A. (2024). Enhancing SME Innovation Across European Regions: Success Factors in EU-Funded Open Innovation Networks. *Technological Forecasting and Social Change*, 201, 123207. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123207>
- Mehri, V., & Maleki, M. H. (2025). Providing a Framework for the Resilience of the Aviation Industry in Iran. *Management Improvement*, 19(4), 34-60. <https://doi.org/10.22034/jmi.2025.522691.3206>
- Mubarak, M. F., Evans, R., Shabbir, M., Ghobakhloo, M., Petraite, M., & Jucevicius, G. (2026). Driving New Product Development Performance: The Mediating Role of Absorptive Capacity in Open Innovation for SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 37(3), 641-656. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2024-0642>
- Ranaei Kard Shooli, H., Kazemi, M., Alimohammadlou, M., & Askarifard, K. (2025). Organizational Determinants of Open Innovation: A Scientometric Analysis. *Industrial Technology Development Quarterly*, 23(60), 33-52. <https://doi.org/10.22034/jtd.2025.2035374.1944>



- Remneland Wikhamn, B., & Styhre, A. (2023). Open Innovation Ecosystem Organizing from a Process View: A Longitudinal Study in the Making of an Innovation Hub. *R&D Management*, 53(1), 24-42. <https://doi.org/10.1111/radm.12537>
- Scaringella, L., & Scaringella, M. (2025). Disentangling the Human Aspects of Open Innovation: The Mediation of Absorptive Capacity and the Moderation of Knowledge Tacitness. *Journal of Knowledge Management*, 29(6), 1914-1950. <https://doi.org/10.1108/JKM-07-2024-0840>
- Shafiei Nikabadi, M., Moghaddam, A., Mirhosseini, V., & Daraei, M. (2025). Designing a Digital Open Innovation Ecosystem Based on Knowledge Management in Knowledge-Based Companies. *Industrial Management Perspective*, 15(2), 251-271. <https://doi.org/10.48308/jimp.15.2.251>
- Talebi, D., Esmaeili, M. J., & Moezzi Khah Tehran, A. (2022). Investigating the Effect of Knowledge Management Capabilities on Innovation Performance with the Mediating Role of Open Innovation: A Case Study of Pardis Science and Technology Park. *Industrial Management Perspective*, 12(2), 253-277. <https://doi.org/10.52547/jimp.12.2.253>
- Xu, P., Tang, M., Chen, J., & Brem, A. (2023). The Influence of Open Innovation on the Synergistic Innovation Capability of Chinese Manufacturing Firms: The Mediating Role of Tacit Knowledge Acquisition. *Management Decision*, 63(8), 2679-2699. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2022-0997>

