

Thematic Analysis and Structural Modeling of Technology Transfer: A Strategy for Enhancing Economic Complexity in Iran's Petrochemical Industry

Abbas Nikzad ¹, Hassanali Aghajani^{*2}, Behrouz Shahmoradi ³, Behnaz Sabouri ⁴

1. PhD Student in Science and Technology Policy Management, Faculty of Economic and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
2. Professor, Department of Industrial Management, Mazandaran University, Babolsar, Iran
3. Assistant Professor, Department of Finance and Economics of Science, Technology and Innovation, National Research Institute for Science Policy, Iran
4. Associate Professor of Natural Resources Economics, College of Marine and Agricultural Sciences, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman

*. Corresponding Author: aghajani@umz.ac.ir

Received: 17 June 2025

Revised: 2 January 2026

Accepted: 5 January 2026

Abstract

The aim of this study is to propose a technology transfer model for leading countries in the petrochemical industry to Iran, adopting an economic complexity approach. Accordingly, this research was conducted using an exploratory mixed-methods (qualitative–quantitative) design. In the qualitative phase, the statistical population comprised experts and specialists in technology transfer, science and technology policy, and senior managers of the Persian Gulf Petrochemical Industries Company. Sampling was performed purposefully using the snowball technique until theoretical saturation was reached (15 interviewees). The main data collection tool was semi-structured interviews. Qualitative data were analyzed using thematic analysis with MAXQDA software; this process included open coding, conceptual categorization, and interpretation of findings. To strengthen the validity of the results, participant review, parallel coding, and calculation of inter-coder agreement (Cohen's Kappa) were employed. In the quantitative phase, the population included executives, specialists, and senior staff of affiliated companies under the Persian Gulf Petrochemical Industries Company, with stratified random sampling and the Cochran formula resulting in a sample of 330 participants. Data were collected using a researcher-made questionnaire based on the indicators identified in the qualitative phase, whose validity and reliability were confirmed by experts, factor analysis, and Cronbach's alpha. Quantitative data were analyzed using SmartPLS software and structural equation modeling. The findings led to the design of an indigenous technology transfer model for Iran's petrochemical industry, which can serve as a foundation for innovation-driven policy-making in this sector.

Keywords: Technology Transfer, Economic Complexity, Structural Model, Thematic Analysis, Iran Petrochemical Industry.

Citation: Nikzad, A., Aghajani, H., Shahmoradi, B., & Sabouri, B. (2026). Thematic Analysis and Structural Modeling of Technology Transfer: A Strategy for Enhancing Economic Complexity in Iran's Petrochemical Industry. *Journal of Technology Development Management*, 13(1), 117–148. <https://doi.org/10.22104/jtdm.2026.7697.3425>

تحلیل مضمون و مدل سازی ساختاری انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در

صنعت پتروشیمی ایران

عباس نیکزاد^۱، حسنعلی آقاجانی^{۲*}، بهروز شاهمرادی^۳، بهناز صبوری^۴

۱. دانشجوی دکترای مدیریت سیاست گذاری علم و فناوری، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۲. استاد، گروه مدیریت صنعتی و کارآفرینی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۳. استادیار گروه تأمین مالی و اقتصاد علم، فناوری و نوآوری، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ایران

۴. دانشیار اقتصاد منابع طبیعی، کالج علوم دریایی و کشاورزی، دانشگاه سلطان قابوس، مسقط، عمان

*. نویسنده مسئول: aghajani@umz.ac.ir

پذیرش: ۱۵ دی ۱۴۰۴

بازنگری ۱۲ دی ۱۴۰۴

دریافت: ۲۷ خرداد ۱۴۰۴

چکیده

هدف این پژوهش، ارائه مدل انتقال فناوری کشورهای پیشرو در صنعت پتروشیمی به ایران با رویکرد پیچیدگی اقتصادی است. در این راستا، پژوهش حاضر با بهره گیری از رویکرد آمیخته اکتشافی (کیفی-کمی) انجام شد. در فاز کیفی، جامعه آماری متشکل از خبرگان و صاحب نظران حوزه انتقال فناوری، سیاست گذاری علم و فناوری و مدیران ارشد شرکت های پتروشیمی خلیج فارس بود. نمونه گیری به روش هدفمند و با تکنیک گلوله برفی تا اشباع نظری (۱۵ نفر) انجام شد. ابزار گردآوری داده ها، مصاحبه نیمه ساختاریافته بود. داده های کیفی با روش تحلیل مضمون و به کمک نرم افزار MAXQDA تحلیل شدند؛ در این فرایند، مراحل کدگذاری باز، شکل دهی و دسته بندی مفاهیم و تفسیر یافته ها طی شد و برای ارتقاء اعتبار نتایج از بازبینی مشارکت کنندگان، کدگذاری موازی و ضریب توافق کاپا بهره گرفته شد. در فاز کمی، جامعه آماری شامل مدیران، متخصصان و کارکنان رده بالای شرکت های پتروشیمی تابعه خلیج فارس بود که با روش نمونه گیری تصادفی طبقه ای و براساس فرمول کوکران، ۳۳۰ نفر انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده ها، پرسشنامه محقق ساخته بر اساس شاخص های استخراج شده از بخش کیفی بود که اعتبار و پایایی آن با نظر خبرگان، تحلیل عاملی و آلفای کرونباخ (بیش از ۰.۷) تأیید شد. داده های کمی با نرم افزار SmartPLS و روش مدل سازی معادلات ساختاری تحلیل گردید. نتایج پژوهش به طراحی مدل بومی انتقال فناوری برای صنعت پتروشیمی کشور منتهی شد که می تواند مبنای سیاست گذاری های توسعه فناورانه در این حوزه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: انتقال فناوری، پیچیدگی اقتصادی، مدل ساختاری، تحلیل مضمون، صنعت پتروشیمی ایران.

مقدمه

صنعت پتروشیمی به عنوان یکی از صنایع مادر و پیشران توسعه صنعتی در ایران، همواره سهم قابل توجهی در تولید ناخالص داخلی، صادرات غیرنفتی و ایجاد ارزش افزوده داشته است (صادقی مرزناکی و همکاران، ۱۴۰۰). انتقال فناوری به عنوان راهبردی کلیدی جهت تسهیل دستیابی به فناوری های پیشرفته و نوین تولید، نقش مؤثری در ارتقای سطح رقابت پذیری و پیچیدگی اقتصادی صنعت پتروشیمی ایفا می کند (شاهمرادی و همکاران، ۱۴۰۰). با وجود توسعه کمی این صنعت و دستیابی به ظرفیت تولید بیش از ۹۰ میلیون تن در سال، ساختار تولید آن همچنان عمدتاً متکی بر محصولات پایه و خام با ارزش افزوده پایین است؛ به گونه ای که بخش قابل توجهی از محصولات پتروشیمی ایران در حلقه های ابتدایی زنجیره ارزش متوقف مانده و سهم محدودی از محصولات پیچیده تر و دانش بنیان در سبد تولید و صادرات کشور مشاهده می شود. این وضعیت، نشان دهنده شکاف معنادار میان ظرفیت تولید صنعتی و سطح پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران است (غلامنژاد و همکاران، ۱۴۰۰). یکی از عوامل کلیدی در تبیین این شکاف، نحوه و کیفیت فرآیند انتقال فناوری در این صنعت است. اگرچه طی دهه های گذشته انتقال فناوری از مسیرهایی همچون قراردادهای EPC، خرید لیسانس و خدمات مهندسی دنبال شده، اما تمرکز این الگوها عمدتاً بر راه اندازی واحدهای تولیدی بوده و انتقال دانش طراحی، کنترل فرآیند، توسعه کاتالیست و یادگیری فناورانه عمیق کمتر محقق شده است. در نتیجه، بخش عمده ای از فناوری های کلیدی همچنان در اختیار تأمین کنندگان خارجی باقی مانده و ظرفیت جذب و بومی سازی فناوری در داخل کشور به طور نظام مند توسعه نیافته است (مرتضوی نژاد و همکاران، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، ساختار زنجیره ارزش صنعت پتروشیمی ایران - با تمرکز غالب بر واحدهای بالادستی و پیوند ضعیف با بخش های میان دستی و پایین دستی - موجب شده است مسیرهای یادگیری فناورانه محدود، و امکان ارتقاء تدریجی به محصولات پیچیده تر و متنوع تر کاهش یابد. این وضعیت نه تنها مانع ارتقاء رقابت پذیری جهانی صنعت پتروشیمی ایران شده، بلکه ظرفیت این صنعت برای ایفای نقش مؤثر در ارتقای پیچیدگی اقتصادی کشور را نیز تضعیف کرده است (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۶). از منظر نظری، مطالعات اخیر در حوزه اقتصاد دانش محور نظیر نظریه ی پیچیدگی اقتصادی (کرایوت^۱ و همکاران، ۲۰۲۲) و مدل های انتقال فناوری ملی سیمز و فریشامار^۲ (۲۰۲۴) و اولاکادا^۳ (۲۰۲۴) بر این نکته تأکید دارند که رشد پایدار صنایع شیمیایی در کشورهایی نظیر هند، کره جنوبی و مالزی، زمانی تحقق

¹ Craiut² Simms & Frishammar³ Olakada

یافته که سیاست‌های انتقال فناوری با سازوکارهای توسعه قابلیت‌های فناورانه و یادگیری سازمانی تلفیق شده است. این شواهد نظری مؤید آن است که ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنایع مادر همچون پتروشیمی، در گرو شکل‌گیری الگوهای بومی انتقال فناوری و درک تعاملات میان عوامل سخت (فناوری، زیرساخت، سرمایه) و نرم (دانش، مهارت، یادگیری) است. از سوی دیگر، مطالعات نوین توسعه همچون رویکرد پیچیدگی اقتصادی تأکید می‌کنند که صرف دستیابی و انتقال فناوری‌های پایه‌ای، تضمین‌کننده رشد پایدار و متنوع اقتصادی نیست؛ بلکه تنوع، پیچیدگی و بومی‌سازی فناوری‌های پیشرفته متناسب با زمینه‌های اقتصادی و اجتماعی کشور برای عبور از دام تکنولوژی و تحقق رشد پایدار ضروری است (رشیدی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲). در سطح نظری و تجربی، مطالعات متعددی بر اهمیت انتقال فناوری در توسعه صنایع شیمیایی و ارتقای ارزش افزوده تأکید داشته‌اند؛ با این حال، بیشتر پژوهش‌های موجود یا به تحلیل انتقال فناوری به‌صورت کلی و کلاسیک پرداخته‌اند، یا ارتباط آن را با پیچیدگی اقتصادی صرفاً به‌صورت کمی و غیرساختاری بررسی کرده‌اند. به‌ویژه در بستر صنعت پتروشیمی ایران، پژوهشی که به‌طور هم‌زمان: ۱. ابعاد و عوامل مؤثر بر انتقال فناوری را شناسایی کند، ۲. روابط ساختاری میان این عوامل را مدل‌سازی نماید، ۳. و این فرآیند را مستقیماً در چارچوب ارتقای پیچیدگی اقتصادی تحلیل کند، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، شکاف اصلی تحقیق در فقدان یک مدل بومی و ساختاری انتقال فناوری است که بتواند توضیح دهد چرا فرآیندهای انتقال فناوری در صنعت پتروشیمی ایران به ارتقای پیچیدگی اقتصادی منجر نشده و تحت چه الزامات و سازوکارهایی می‌تواند این نقش را ایفا کند. مسئله محوری پژوهش حاضر آن است که: انتقال فناوری در صنعت پتروشیمی ایران چگونه باید طراحی شود تا منجر به عبور از تولید محصولات پایه، توسعه قابلیت‌های فناورانه داخلی و ارتقای پیچیدگی اقتصادی گردد؟ در پاسخ به این مسئله، پژوهش حاضر با اتخاذ رویکردی ترکیبی، ابتدا از طریق تحلیل مضمون، ابعاد و مؤلفه‌های کلیدی انتقال فناوری مؤثر بر پیچیدگی اقتصادی را شناسایی نموده و سپس با بهره‌گیری از مدل‌سازی ساختاری، روابط میان این مؤلفه‌ها را تبیین می‌کند. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش ضمن پر کردن شکاف موجود در ادبیات انتقال فناوری، راهنمایی عملی برای سیاست‌گذاران و مدیران صنعت پتروشیمی در جهت طراحی راهبردهای اثربخش ارتقای پیچیدگی اقتصادی فراهم آورد.

مبانی نظری

مفهوم و ابعاد انتقال فناوری

انتقال فناوری از جمله مفاهیم کلیدی و راهبردی در حوزه مدیریت، اقتصاد و توسعه صنعتی محسوب می‌گردد که نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقاء ظرفیت‌های فناورانه، نوآوری و افزایش رقابت‌پذیری کشورها و صنایع دارد (رن^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). انتقال فناوری به طور کلی به فرآیند انتقال دانش فنی، مهارت‌ها، روش‌های تولید و نوآوری‌های تکنولوژیکی از یک کشور، سازمان یا بخش به کشور، سازمان یا بخش دیگر اطلاق می‌شود؛ به گونه‌ای که گیرنده فناوری قادر به بهره‌برداری، انطباق، توسعه و بومی‌سازی آن گردد (اولاکادا^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). در ادبیات، انتقال فناوری به اشکال مختلفی تعریف و تبیین شده است. برخی پژوهشگران، این مفهوم را صرفاً به انتقال سخت‌افزار و تجهیزات مدرن محدود کرده‌اند، در حالی که نگاه غالب امروزی، مفهوم انتقال فناوری را فرآیندی پیچیده و چندلایه می‌داند که فراتر از انتقال فیزیکی تجهیزات، شامل انتقال دانش ضمنی، مهارت‌های مدیریتی، نظام‌های سازمانی، روش‌های تحقیق و توسعه و یادگیری سازمانی نیز می‌شود (سیمز و فریشامار^۳، ۲۰۲۴). سازمان توسعه صنعتی ملل متحد^۴ انتقال فناوری را «انتقال مهارت‌ها، دانش، تجهیزات و روش‌های انجام کار از یک منبع به مقصد با هدف ارتقای ظرفیت فناورانه آن» تعریف می‌کند (پوران منجیلی و طالقانی، ۲۰۱۵). انتقال فناوری مفهومی چندبعدی بوده و تحقق کامل و پایدار آن مستلزم توجه هم‌زمان به جنبه‌های گوناگون فنی، دانشی، سازمانی، نهادی و یادگیری است. نخست بعد فنی است که به انتقال تجهیزات، ماشین‌آلات، نرم‌افزارها و فرآیندهای فیزیکی تولید اشاره دارد. این بعد، بستر اولیه برای ورود فناوری به سازمان یا کشور پذیرنده را فراهم می‌آورد، اما به تنهایی برای شکل‌گیری مزیت فناورانه کافی نیست (دستانونت^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). در کنار ملاحظات فنی، بعد دانشی و اطلاعاتی یکی از مهم‌ترین ابعاد انتقال فناوری به شمار می‌رود. در این بعد، انتقال دانش صریح همچون استانداردها، دستورالعمل‌ها و اطلاعات مهندسی، و نیز دانش ضمنی شامل تجربه، مهارت، فرایند حل مسئله و یادگیری ضمن کار مدنظر است (سهرابی و همکاران، ۱۴۰۱). انتقال کارآمد دانش و اطلاعات سبب ارتقای شایستگی نیروی انسانی و زمینه‌سازی برای نوآوری‌های بومی می‌شود. بعد سازمانی و مدیریتی شامل انتقال تجربیات ارزشمند در حوزه مدیریت پروژه، سازماندهی منابع، ساختارهای مدیریتی، نظام‌های کنترل کیفیت و

¹ Ren

² Olakada

³ Simms & Frishammar

⁴ UNIDO

⁵ Distanont

شیوه‌های حل مسائل مدیریتی می‌گردد. وجود ظرفیت‌های مدیریتی مناسب، قابلیت جذب و نهادینه‌سازی فناوری‌های جدید را در سازمان‌ها افزایش می‌دهد (کایی^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). در سطح گسترده‌تر، بعد نهادی و سیاستی به بسترهای قانونی، مقرراتی، حمایتی و سیاست‌های کلان مرتبط با انتقال فناوری اشاره دارد. نهادها، سیاست‌ها و قوانین حمایتی مناسب به‌ویژه در حوزه مالکیت فکری، مشوق‌های تحقیق و توسعه و ایجاد همکاری‌های بین‌المللی می‌توانند فرآیند انتقال فناوری را تسهیل و تثبیت نمایند (کرایوت^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). یادگیری و ظرفیت‌سازی بنیاد و زیربنای موفقیت فرآیند انتقال فناوری محسوب می‌شود. نهادینه‌سازی فرصت‌های یادگیری، آموزش تخصصی نیروی انسانی، توسعه ظرفیت جذب و قابلیت تطابق فناوری با شرایط بومی، از لوازم اساسی ارتقاء دانش و تجربه داخلی و دستیابی به نوآوری پایدار در صنایع پذیرنده فناوری به‌شمار می‌آید (قاسم زاده و همکاران، ۱۴۰۱).

رابطه انتقال فناوری و پیچیدگی اقتصادی

پیچیدگی اقتصادی مفهومی نوین در ادبیات توسعه است که نشان‌دهنده میزان تنوع و پیشرفته بودن دانش تولیدی یک اقتصاد می‌باشد (کاظم‌زاده^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). شاخص پیچیدگی اقتصادی بر اساس میزان تنوع محصولات و سطح دانش و فناوری مورد نیاز برای تولید آن‌ها تعریف می‌شود؛ به‌گونه‌ای که کشورهایی با سبد متنوع‌تر و پیچیده‌تر از تولیدات، از قابلیت‌های فناورانه و دانشی بالاتری برخوردارند (نگوئن^۴، ۲۰۲۰). از این منظر، ارتقاء پیچیدگی اقتصادی کشورهای درحال توسعه به‌ویژه اقتصادهایی با وابستگی به صنایع پایه، در گرو تقویت بنیان‌های دانش‌بنیان، نوآوری، و پذیرش فناوری‌های پیشرفته است (کرایوت^۵ و همکاران، ۲۰۲۲). انتقال فناوری به عنوان موتور محرک توسعه فناورانه و افزایش ظرفیت‌های نوآورانه، نقش کلیدی در ارتقاء سطح پیچیدگی اقتصادی ایفا می‌کند (الموتی و الزائد^۶، ۲۰۱۳). زمانی که انتقال فناوری صرفاً محدود به انتقال تجهیزات و فناوری‌های ساده باقی بماند، ساختار تولیدی کشور دستخوش تغییر پایدار نشده و شاخص پیچیدگی اقتصادی نیز رشد چندانی نخواهد داشت (محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). اما هرگاه انتقال فناوری بر انتقال دانش‌های فنی، مهارت‌های ضمنی، سیستم‌های مدیریتی و ظرفیت‌سازی پژوهشی و یادگیری سازمانی متمرکز شود، زمینه برای توسعه محصولات جدید، بومی‌سازی فناوری‌های پیشرفته و تقویت زنجیره ارزش حاصل خواهد شد؛ این امر خود را به صورت افزایش

¹ Cai

² Craiut

³ Kazemzadeh

⁴ Neagu

⁵ Craiut

⁶ Elmuti, S. D., & S. Abou-Zaid

پیچیدگی تولیدات و ارتقاء جایگاه اقتصاد ملی در سطح جهانی نشان می دهد (رازالی^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). از سوی دیگر، مطالعات تجربی نشان می دهند کشورهایی که رویکرد فعالانه و هوشمندانه تری در سیاست های انتقال فناوری داشته اند، موفق شده اند با تقویت زیرساخت های یادگیری و حمایت از ارتقای مهارت های فناورانه، نسبت به کشورهای دارای وابستگی صرف به واردات فناوری، به پیچیدگی بالاتری در ساختار اقتصادی دست یابند (ایسکاناداری^۲ و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین، انتقال فناوری تنها هنگامی منجر به ارتقاء پیچیدگی اقتصادی می شود که با توسعه زیرساخت های نهادی، سرمایه انسانی، یادگیری فناورانه، و توان نوآوری داخلی همراه گردد (فخاری، ۱۴۰۱). در صنعت پتروشیمی نیز، هرچه روند انتقال فناوری به سمت جذب، بومی سازی و توسعه فناوری های نوین، افزایش ظرفیت تحقیق و توسعه، و تولید محصولات متنوع تر و با ارزش افزوده بالاتر هدایت شود، فضای اقتصادی کشور از تولید مواد اولیه خام به سمت صنایع پیشرفته و دانش محور حرکت خواهد کرد و شاخص پیچیدگی اقتصادی ارتقاء می یابد (محرر^۳ و همکاران، ۲۰۱۲). این تعامل دوسویه، حکایت از آن دارد که سیاست گذاری هدفمند در حوزه انتقال فناوری می تواند پیشران تحول ساختاری و ارتقاء سطح پیچیدگی اقتصادی باشد و به رشد پایدار و رقابت پذیر شدن اقتصاد ملی یاری رساند (ابراهیمی و خوش چهره، ۱۳۹۴).

پیشینه تحقیق

سهرابی و همکاران (۱۴۰۱) به طراحی مدل انتقال تکنولوژی در حوزه فراساحل صنعت نفت و گاز کشور پرداختند. این مدل دارای ۵ سطح بوده که به ترتیب اهمیت، سطح پنجم: عوامل دولتی، عوامل مالی و اقتصادی، سطح چهارم: ماهیت تکنولوژی، سطح سوم: ویژگی های سازمان انتقال دهنده، سطح دوم: مدیریت و رهبری، منابع انسانی و سطح اول: ویژگی های سخت افزاری و نرم افزاری سازمان گیرنده تکنولوژی می باشند. غلام نژاد و همکاران (۱۴۰۱) به ارایه مدل سرمایه ساختاری با محوریت انتقال فناوری در صنایع پتروشیمی ایران پرداختند و در نتیجه مدل سرمایه ساختاری موثر در انتقال فناوری در صنایع پتروشیمی در پنج بعد سرمایه نوپدیدی، سیستم ها و روش های حمایتی، زیرساخت های مدیریت دانش، فرهنگ سازمانی حمایت گر و ساختار سازمانی مناسب تبیین و ارایه شد. قاسم زاده و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی عوامل موثر در مدیریت انتقال تکنولوژی در صنعت نفت و گاز ایران پرداختند و بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که مهندسی معکوس در راستای اقتصاد مقاومتی، مهمترین روش انتقال تکنولوژی است. پس از آن روش حق امتیاز قرار دارد. در جایگاه سوم نیز سرمایه گذاری مشترک جای

¹ Razali

² Iskanadarani

³ Mohaghar

گرفته است و سرمایه گذاری مستقیم خارجی نیز از نظر خبرگان آخرین روش موثر در شرایط پس از برجام می باشد. فخاری (۱۴۰۱) در تحقیق به شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر انتقال تکنولوژی از خارج به داخل، در صنعت نفت ایران با استفاده از تکنیک دیمتل و مدل تحلیل شبکه ای پرداخت و در نهایت نتایج کلی و عوامل کلیدی انتقال تکنولوژی در ساخت تجهیزات صنعت نفت، به ترتیب اهم عبارتند بودند از؛ ظرفیت انتقال تکنولوژی، ظرفیت یادگیری، محیط انتقال تکنولوژی، حالت انتقال تکنولوژی، همکاری دولت، دریافت کننده تکنولوژی، ماهیت تکنولوژی، انتقال دهنده تکنولوژی. اولاکادا^۱ و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی سرمایه گذاری مشترک، انتقال فناوری بر عملکرد بخش نفت و گاز نیجریه بین سال های ۱۹۸۱-۲۰۲۱ پرداختند و نتایج این مطالعه نشان داد که تأثیر قابل توجهی از ترتیبات سرمایه گذاری مشترک بر تولید نفت و گاز در کوتاه مدت و بلند مدت وجود دارد. سیمز و فریشامار^۲ (۲۰۲۴) به بررسی چالش های انتقال فناوری در اتحاد های نامتقارن بین شرکت های با فناوری بالا و شرکت های با فناوری پایین در کشور انگلستان پرداختند. یافته های تحقیق آنها نشان داد که عدم تقارن فاصله فناوری، پیچیدگی یکپارچه سازی فناوری، و ناسازگاری های قابلیت نوآوری، اثربخشی انتقال فناوری را مختل می کند. علیرضایی^۳ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی مدل انتخاب فناوری برای تجهیز واحدهای صنعتی پایین دستی پتروشیمی برای ایجاد مزیت رقابتی پرداختند و سی و چهار مفهوم و پنج دسته به عنوان معیارهای انتخاب فناوری برای تجهیز واحدهای صنعتی پایین دستی پتروشیمی برای ایجاد مزیت رقابتی شناسایی کردند. عامل «ضوابط فنی» به عنوان مهمترین اولویت در تجهیز واحدهای صنعتی پایین دستی پتروشیمی برای ایجاد مزیت رقابتی شناسایی شد. رتبه بندی گروه های تعیین شده از یک تا پنج به ترتیب عوامل معیارهای رقابتی، معیارهای استراتژیک، معیارهای داخلی و معیارهای خارجی می باشند. رن^۴ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی پذیرش انتقال فناوری برای دستیابی به یک مدل اقتصاد دایره ای تحت دیدگاه مبتنی بر منابع در شرکتهای با فناوری بالا در استان هاینان چین پرداختند و یافته ها نشان داد که همکاری فناوری در راستای استراتژی، توسعه مهارت های نیروی کار دیجیتال، اشتراک گذاری فناوری برای دستیابی به منافع مشترک، و مشارکت سهامداران برای انتقال فناوری جنبه های مهمی هستند.

مرور نظام مند پژوهش های داخلی و خارجی نشان می دهد که بیشتر مطالعات انتقال فناوری در حوزه های نفت، گاز و پتروشیمی، بر شناسایی عوامل مؤثر یا رتبه بندی متغیرهای کلیدی متمرکز بوده اند. مدل های ارائه شده نظیر

¹ Olakada

² Simms & Frishammar

³ Alirezaei

⁴ Ren

سهرابی و همکاران (۱۴۰۱) و فخاری (۱۴۰۱)، ساختار انتقال فناوری را به صورت سلسله مراتبی یا شبکه ای تبیین کرده اند، اما عمدتاً در سطح توصیفی و عام باقی مانده و به اختصاصی سازی برای شرایط بومی صنعت پتروشیمی نپرداخته اند. غلامنژاد و همکاران (۱۴۰۱) تمرکز خود را بر سرمایه ساختاری مؤثر در انتقال فناوری قرار داده اند، در حالی که سایر مطالعات (قاسم زاده، علیرضایی) بر روش های انتقال فناوری یا معیارهای انتخاب فناوری تأکید کرده اند. در سطح بین المللی، پژوهش هایی چون سیمز و فریشمار (۲۰۲۴)، اولاکادا (۲۰۲۴) و رن (۲۰۲۳) به تعامل واحدهای فناورانه در محیط های بین کشوری پرداخته اند و بر جنبه های سرمایه گذاری مشترک، عدم تقارن توان فناورانه، و نقش قابلیت های دیجیتال و همکاری فناورانه تأکید داشته اند. در مجموع می توان گفت مطالعات اخیر، هرچند تصویری نسبتاً جامع از ابعاد انتقال فناوری ارائه می دهند، اما از پیوند میان فرایند انتقال فناوری و شاخص های پیچیدگی اقتصادی صنایع پتروشیمی ایران غافل مانده اند. با وجود پیشرفت قابل توجه در مدل سازی انتقال فناوری، سه خلأ اصلی در ادبیات قابل تشخیص است:

۱. فقدان مدل اختصاصی برای ساختار بومی صنعت پتروشیمی ایران، که در مقایسه با صنعت نفت و گاز دارای ویژگی های نهادی، فناورانه و مالکیتی متفاوت است و نیازمند بومی سازی مفهومی و ساختاری است.
۲. نبود رویکرد تلفیقی میان انتقال فناوری و پیچیدگی اقتصادی، زیرا هیچ یک از مطالعات پیشین رابطه علی میان توانمندی فناورانه و ارتقاء سطح پیچیدگی اقتصادی را در چارچوب ساختاری مدل سازی نکرده اند.
۳. ضعف در تحلیل همزمان عوامل نرم (سازمانی و مدیریتی) و عوامل سخت (فناوری و زیرساختی) در قالب یک مدل یکپارچه که بتواند مسیرهای مؤثر انتقال فناوری را با واقعیت های صنعتی و سیاستی کشور همسو سازد.

بر این اساس، پژوهش حاضر با طراحی یک مدل مفهومی و ساختاری اختصاصی برای صنعت پتروشیمی ایران و تمرکز بر اثر انتقال فناوری بر پیچیدگی اقتصادی، تلاش می کند این سه شکاف عمده را پر کرده و چارچوب نظری و کاربردی تازه ای برای سیاست گذاری فناورانه کشور ارائه دهد.

روش پژوهش

این پژوهش با هدف ارائه مدل انتقال فناوری کشورهای پیشرو در صنعت پتروشیمی به ایران با رویکرد پیچیدگی اقتصادی، از رویکرد پژوهش آمیخته اکتشافی (کیفی-کمی) بهره گرفته است. مسیر توسعه مدل پژوهش بر مبنای منطق استقرایی از جزء به کل بوده است. در فاز کیفی جامعه آماری پژوهش، خبرگان و صاحب نظران در شرکت صنایع پتروشیمی خلیج فارس، انتقال فناوری و سیاست گذاری علم و فناوری بودند. هلدینگ صنایع پتروشیمی

خلیج فارس به عنوان یک مورد راهبردی با سهم غالب در صنعت پتروشیمی ایران انتخاب شده و نتایج پژوهش ناظر بر تبیین سازوکارهای انتقال فناوری در سطح صنعت بوده و تعمیم آن در چارچوب ملاحظات نهادی و ساختاری ملی صورت می‌پذیرد. این خبرگان شامل مدیران ارشد، کارشناسان ارشد پژوهشی و فناوری، اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی فعال در حوزه پتروشیمی و فناوری بوده‌اند. نمونه‌گیری به روش هدفمند و با استفاده از تکنیک گلوله‌برفی انجام شد. معیارهای انتخاب نمونه‌ها عبارت بودند از: دارا بودن سابقه بالای فعالیت (حداقل ۱۰ سال) در زمینه صنعت پتروشیمی یا سیاست‌گذاری فناوری، آشنایی با فرآیندهای انتقال فناوری، و داشتن سوابق پژوهشی یا اجرایی مرتبط با موضوع تحقیق. فرایند مصاحبه تا دستیابی به اشباع نظری ادامه یافت، که این امر با انجام ۱۵ مصاحبه کیفی تحقق یافت. ابزار اصلی گردآوری داده‌ها در این مرحله، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته بود. راهنمای مصاحبه بر اساس ادبیات نظری و اهداف تحقیق طراحی گردید و روایی محتوایی آن با نظر صاحب‌نظران و اساتید حوزه تأیید شد. داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها پس از ضبط و پیاده‌سازی، با روش تحلیل مضمون تحلیل شدند. فرایند تحلیل مضمون شامل مراحل کدگذاری باز، شناسایی و طبقه‌بندی مقوله‌های مفهومی و تفسیر یافته‌ها بود. فرایند گردآوری و تحلیل داده‌ها در این پژوهش به صورت مرحله‌ای و نظام‌مند انجام گرفت تا قابلیت اعتماد، روایی و یکپارچگی یافته‌ها تضمین شود. قلمرو زمانی این پژوهش از فروردین تا آبان ۱۴۰۲ را دربر می‌گیرد؛ بدین ترتیب، بخش کیفی بین ماه‌های فروردین تا تیر و بخش کمی بین مرداد تا آبان اجرا گردید. قلمرو مکانی آن نیز شامل شرکت‌های فعال در زنجیره ارزش صنعت پتروشیمی ایران بود؛ از شرکت‌های بالادستی تأمین‌کننده فناوری‌های فرآیندی تا واحدهای پایین‌دستی تولیدی و خدماتی. جهت ارتقاء اعتبار یافته‌ها، از روش بازبینی مشارکت‌کنندگان و همچنین کدگذاری مستقل توسط دو محقق و سنجش ضریب توافق میان کدگذاران (کاپا) با ضریب 0.808 استفاده شد. در این بخش از نرم افزار مکس کیودا استفاده شد.

در فاز کمی جامعه آماری تحقیق، کلیه شامل کلیه مدیران و متخصصان و کارکنان رده بالای شرکت‌های تابعه صنایع پتروشیمی خلیج فارس بودند این شرکت‌ها عبارتند از: شرکت پتروشیمی اروند، شرکت پتروشیمی بوعلی سینا، شرکت پتروشیمی شهید تندگویان، که به نحوی درگیر پروژه‌های انتقال فناوری یا توسعه فناوری در صنعت پتروشیمی بوده‌اند. روش نمونه‌گیری در این بخش، تصادفی طبقه‌ای با توجه به پراکندگی جغرافیایی و نوع فعالیت شرکت‌ها بود. حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران، ۳۳۰ نفر تعیین شد تا نمایندگی مناسب از کل جامعه آماری حاصل گردد. ابزار گردآوری داده‌های کمی، پرسشنامه محقق‌ساخته بود که بر اساس مقولات و شاخص‌های شناسایی شده در فاز کیفی طراحی شد. اعتبار صوری و محتوایی پرسشنامه با نظر خبرگان و با استفاده از تحلیل

عامل تأییدی تأیید گردید و پایایی ابزار با آزمون آلفای کرونباخ مورد سنجش قرار گرفت (که همه ضرایب بالای ۰/۷ محاسبه شد). روش تحلیل داده‌ها، مدلیابی معادلات ساختاری برای سنجش روابط علی بین متغیرهای مدل مفهومی بود. شاخص‌های برازش مدل و معناداری ضرایب مسیرها ارزیابی شد. گردآوری داده‌های مرحله کمی (مدل سازی ساختاری) بر مبنای مضامین استخراج شده، پرسشنامه‌ای ساخت یافته طراحی گردید. این پرسشنامه در میان ۳۳۰ نفر از مدیران، کارشناسان ارشد و متخصصان فعال در حوزه‌های تحقیق و توسعه، مهندسی فرایند و مدیریت فناوری مجتمع‌های پتروشیمی توزیع شد. داده‌های گردآوری شده با نرم افزار SmartPLS 4 تحلیل گردید. داده‌های کیفی و کمی با استفاده از رویکرد ادغام نتایج تلفیق شدند تا ارتباط مضامین استخراج شده با مسیرهای علی مدل ساختاری به صورت تفسیرپذیر و تجربی پشتیبانی شود. این فرایند تلفیقی سبب شد مدل نهایی پژوهش علاوه بر انسجام نظری، از اعتبار تجربی و بومی سازی شده برای صنعت پتروشیمی ایران برخوردار گردد. جهت اعتبارسنجی داده‌های کمی، علاوه بر اعتبار صوری و محتوایی پرسشنامه، پایایی ابزار با شاخص آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی، و روایی همگرا و واگرا مورد سنجش قرار گرفت. هم چنین برای کاهش خطای پاسخ‌دهی، محرمانگی داده‌ها تضمین شد.

یافته‌ها

آمار توصیفی متغیرهای جمعیت شناختی تحقیق در تحلیل مضمون

در بخش کیفی پژوهش، مجموعاً ۱۵ نفر مورد مصاحبه قرار گرفتند. از این میان، (۸۶/۷٪) دارای مدرک دکتری و (۱۳/۳٪) دارای مدرک کارشناسی ارشد بودند. از نظر سمت شغلی، (۴۰٪) استاد و هیئت علمی دانشگاه، ۴ نفر (۲۶/۷٪) مدیرعامل شرکت پتروشیمی یا مدیر ارشد صنعتی، (۱۳/۳٪) عضو هیئت مدیره، و سایرین (شامل مدیر دفتر مدیرعامل، مدیر طرح توسعه، معاون برنامه ریزی و توسعه کسب و کار، مدیر راهبرد و زیرساخت توسعه محصول و نایب رئیس هیئت مدیره) (۲۰٪) را تشکیل می‌دهند. میانگین سابقه کاری افراد ۱۶/۹ سال و دامنه آن از ۱۰ تا ۲۸ سال متغیر است. از نظر جنسیت، (۹۳/۳٪) مرد و (۶/۷٪) زن هستند. میانگین سنی مصاحبه‌شوندگان تقریباً ۴۶ سال است. این ترکیب جمعیت شناختی، تنوع لازم از نظر تحصیلات، تجربه و جایگاه شغلی را برای تحلیل عمیق موضوع انتقال فناوری در صنعت پتروشیمی فراهم می‌کند. در این پژوهش از روش تحلیل تم استقرایی شش مرحله‌ای کلارک و براون (۲۰۰۶) استفاده شده است. مراحل انجام کار به شرح زیر است:

مرحله اول - آشنایی با داده‌ها: در فرایند تحلیل داده‌های کیفی، پیش از آغاز کدگذاری، پژوهشگر ابتدا تمامی مصاحبه‌های ضبط شده را به صورت دست‌نویس بر روی کاغذ پیاده‌سازی نمود. به منظور اطمینان از دقت و

جامعیت داده‌ها، هر یک از مصاحبه‌ها مجدداً بازشنوایی شد تا مطابقت کامل میان دست‌نوشته و محتوای صوتی برقرار گردد و هیچ جمله یا نکته‌ای از قلم نیفتد. پس از این مرحله، نسخه‌های دست‌نویس مصاحبه‌ها به‌صورت کامل در نرم‌افزار Word تایپ شده و بار دیگر کل داده‌های حاصل مجدداً توسط پژوهشگر مطالعه گردید. شایان ذکر است که از همین مرحله، فرایند یادداشت‌برداری حاشیه‌ای و نشانه‌گذاری معانی اولیه جهت استفاده در مراحل آتی تحلیل آغاز شد تا زمینه استخراج مفاهیم کلیدی و کدگذاری نظام‌مند فراهم گردد.

مرحله دوم- ایجاد کدهای اولیه: مرحله دوم تحلیل زمانی آغاز شد که پژوهشگر با مطالعه مکرر داده‌ها، به درک عمیق و آشنایی کافی با محتوای مصاحبه‌ها دست یافت. در این مرحله، متون تایپ‌شده‌ی مصاحبه‌ها از نرم‌افزار Word به نرم‌افزار تخصصی تحلیل داده‌های کیفی MAXQDA منتقل گردید. سپس فرایند کدگذاری نظام‌مند بر روی داده‌ها اجرا شد و در مجموع، تعداد ۲۱۳ کد اولیه به‌عنوان برون‌داد این مرحله استخراج شد.

مرحله سوم- جستجوی کدهای گزینشی: در این مرحله، فرایند طبقه‌بندی و ساماندهی کدهای استخراج‌شده در قالب کدهای گزینشی صورت گرفت و تمامی خلاصه‌داده‌های کدگذاری‌شده به نحو منظم سازمان‌دهی شدند. در واقع، پژوهشگر با آغاز تحلیل کیفی کدها، به بررسی نحوه‌ی هم‌افزایی و ارتباط میان کدهای مختلف برای شکل‌گیری مضامین کلی پرداخت. در این بخش، کدهای ناقص، نامرتب و نیز کدهای تکراری شناسایی و حذف شدند و در نهایت، تعداد ۷۲ کد گزینشی به‌عنوان برون‌داد مرحله حاضر استخراج گردید.

مرحله چهارم- شکل‌گیری تم‌های فرعی: در مرحله فعلی، پژوهشگر با تجمیع و ادغام کدهای گزینشی در حوزه‌های معنایی گسترده‌تر، به شناسایی تم‌های فرعی و اصلی مبادرت ورزید؛ به‌نحوی که ۱۵ تم فرعی استخراج گردید و در این فرایند، ایده‌هایی پیرامون نام‌گذاری تم‌های اصلی نیز شکل گرفت. شایان ذکر است که هر تم فرعی می‌بایست از پشتوانه داده‌ای کافی برخوردار بوده و هم‌پوشانی معناداری با سایر تم‌ها نداشته باشد؛ علاوه بر این، تم‌های استخراج‌شده باید نمایانگر جوانب متمایز و غیرتکراری داده‌ها باشند. جدول شماره ۱ نحوه شناسایی داده‌های مرتبط با هر تم را در نمونه مورد مطالعه، تبیین می‌کند.

جدول ۱: ایجاد تم‌های فرعی انتقال فناوری، راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی

تم‌های فرعی (مضامین سازمان‌دهنده)	تم (مضامین) پایه
شناسایی محصولات پیچیده	شناسایی محصولات پیچیده فعال
	شناسایی محصولات پیچیده نیمه فعال
شناسایی فناوری‌های پیشرفته	شناسایی نیازهای صنعت
	تحلیل ظرفیت‌های داخلی

	مطالعه بازار و تحقیقات صنعتی
	مطالعه مقالات علمی و فنی
	فراخوان برای مقالات تحقیقاتی در زمینه فناوری های پیشرفته در پتروشیمی
شناسایی کشورهای پیشرو	تحلیل داده های اقتصادی و صنعتی کشورها
	بررسی نوآوری ها و تحقیقات علمی کشورها
	تحلیل شرکت های موفق
	بررسی محصولات و خدمات آنها
انتخاب کشورهای دارای فناوری های برتر و تجربه های موفق	آمریکا
	آلمان
	ژاپن
	فرانسه
	ایتالیا
تحلیل نیروی کار	شناسایی مهارت ها و تخصص های مورد نیاز در صنعت پتروشیمی
	تحلیل ترکیب نیروی کار
	تحلیل مقایسه ای نیروی کار داخلی با استانداردهای بین المللی
	شناسایی نقاط ضعف در توانمندی های نیروی کار
تحلیل منابع طبیعی	شناسایی و دسته بندی منابع طبیعی موجود در کشور
	ارزیابی حجم و ظرفیت استخراج این منابع برای امکان سنجی تولید مواد اولیه پتروشیمی
	مکان یابی منابع
	مدل سازی و پیش بینی پتانسیل منابع برای بهره برداری در آینده
	استفاده از روش های زمین شناسی و ژئوفیزیکی برای تحلیل ذخایر موجود
تحلیل زیرساخت های فیزیکی	شناسایی و ارزیابی کارخانه ها و تأسیسات تولید پتروشیمی
	بررسی زیرساخت های حمل و نقل
	ارزیابی شبکه های برق، گاز و سایر منابع انرژی
	بررسی قابلیت اطمینان و کیفیت زیرساخت ها
	بررسی دسترسی و اتصال پذیری
	ارزیابی هزینه ها و تأثیرات اقتصادی
	بررسی زیرساخت های فناوری اطلاعات و ارتباطات
	بررسی نقاط قوت و ضعف اکوسیستم
تحلیل وضعیت کنونی اکوسیستم زیرساخت های آن	تقویت زیرساخت های فیزیکی مانند پارک های فناوری و مراکز تحقیق و توسعه
	برنامه های تبادل علمی و تحقیقاتی در کشورهای پیشرو
توسعه برنامه های آموزشی و همکاری های بین المللی	شرکت در نمایشگاه ها و کنفرانس های بین المللی فناوری و پتروشیمی

	طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی برای دانشجویان و متخصصان صنعت پتروشیمی
	فراهم‌سازی دوره‌های کارآموزی و برنامه‌های آموزشی با مشارکت شرکت‌های بین‌المللی
تقویت سیستم تحقیق و توسعه	تأسیس و تقویت مراکز تحقیقاتی با مشارکت دانشگاه‌ها و صنایع
	ایجاد طرح‌های تشویقی برای شرکت‌ها و دانشگاه‌ها
	حمایت از استارت‌آپ‌ها در حوزه پتروشیمی
	جذب سرمایه‌گذاران و منابع مالی برای تأمین مالی پروژه‌های نوآورانه و پژوهشی
قراردادهای مشترک تحقیق و توسعه	تعریف دقیق اهداف و نتایج پروژه
	تعیین نقش‌ها و مسئولیت‌ها
	مدت زمان و برنامه‌ریزی
	قوانین مالکیت فکری
	تعیین بوجه و تأمین مالی
	الزامات گزارش‌دهی و مشاهده‌پذیری
	تأمین امنیت و محرمانگی
تبادل دانش و فناوری	توافق‌نامه‌های انتقال فناوری
	مشارکت در پروژه‌های بین‌المللی
	پروژه‌های مشترک تحقیق و توسعه
	تشکیل کنسرسیوم‌های بین‌المللی
	توسعه شبکه‌های علمی و صنعتی
	توسعه فناوری‌های دیجیتال
اشتراک‌گذاری منابع	مشارکت در بودجه‌گذاری
	اشتراک‌گذاری آزمایشگاه‌ها و تأسیسات
	فضاهای کار مشترک
	پلتفرم‌های داده‌ای مشترک
	مدل‌های تجزیه و تحلیل داده‌های مشترک
	برنامه‌های تبادل تخصص
	تشکیل هیئت‌های مشورتی مشترک
برنامه‌های آموزشی مبتنی بر صنعت	طراحی و اجرای دوره‌های آموزشی تخصصی
	ارائه کارگاه‌های عملی و کاربردی با تمرکز بر فرآیندهای صنعتی و تکنولوژی‌های جدید در پتروشیمی
	برنامه‌ریزی برای تبادل موقت کارکنان بین شرکت‌های ایرانی و شرکت‌های بین‌المللی پیشرو
	برگزاری جشنواره‌های نوآوری

	ایجاد سیستم های آموزشی تناوبی
توسعه برنامه های فرادسته ای	ایجاد فرصت های تبادل تجربیات و بهترین شیوه ها برای محققان و مهندسان
	شکل گیری مراکز توسعه حرفه ای
	طراحی بانک های اطلاعاتی از پروژه های تحقیقاتی انجام شده
	استفاده از مشاوران بین المللی
	تشکیل گروه های ناظر متشکل از متخصصان بین المللی و محلی

مرحله پنجم - تعریف و نام گذاری تم های اصلی: مرحله پنجم زمانی آغاز می شود که پژوهشگر به تصویر روشنی از تم های فرعی دست یافته باشد. در این پژوهش، تحلیل تم براساس سازماندهی مضامین در قالب شبکه مضامین صورت گرفته است؛ به گونه ای که تم ها در سه سطح تم های پایه، تم های سازمان دهنده و تم های فراگیر شناسایی و طبقه بندی شده اند. در جداول ذیل، تم های فرعی (که در این مرحله با عنوان تم های سازمان دهنده نیز شناخته می شوند)، در نهایت در قالب ۵ تم اصلی یا مضامین فراگیر این تحقیق دسته بندی شده اند.

جدول ۲: نام گذاری تم های اصلی

مضمون فراگیر	مضامین سازمان دهنده
شناسایی فناوری های کلیدی	شناسایی محصولات پیچیده
	شناسایی فناوری های پیشرفته
	شناسایی کشورهای پیشرو
	انتخاب کشورهای دارای فناوری های برتر و تجربه های موفق
تحلیل توانمندی های مولد	تحلیل نیروی کار
	تحلیل منابع طبیعی
	تحلیل زیرساخت های فیزیکی
	تحلیل وضعیت کنونی اکوسیستم زیرساخت های آن
شبکه سازی	توسعه برنامه های آموزشی و همکاری های بین المللی
	تقویت سیستم تحقیق و توسعه
	قراردادهای مشترک تحقیق و توسعه
تدوین استراتژی های همکاری	

اشتراک گذاری منابع	تقویت سرمایه انسانی
تبادل دانش و فناوری	
برنامه های آموزشی مبتنی بر صنعت	
توسعه برنامه های فرادسته ای	

مرحله ششم - تهیه گزارش: مرحله ششم زمانی آغاز می شود که پژوهشگر مجموعه ای از تم های اصلی با سطح بالای انتزاع و همسویی کامل با ساختارهای زمینه ای پژوهش در اختیار دارد. این مرحله شامل تحلیل نهایی، تفسیر یافته ها و تدوین گزارش نهایی پژوهش است که در پایان فرآیند تحقیق ارائه خواهد شد. در این مطالعه، مضامین فراگیر شناسایی شده عبارت اند از، **شناسایی فناوری های کلیدی** با چهار مولفه (شناسایی محصولات پیچیده، شناسایی فناوری های پیشرفته، شناسایی کشورهای پیشرو، انتخاب کشورهای دارای فناوری های برتر و تجربه های موفق)، **تحلیل توانمندی های مولد** با سه مولفه (تحلیل نیروی کار، تحلیل منابع طبیعی، تحلیل زیرساخت های فیزیکی)، **توسعه اکوسیستم نوآوری** با سه مولفه (تحلیل وضعیت کنونی اکوسیستم زیرساخت های آن، توسعه برنامه های آموزشی و همکاری های بین المللی، تقویت سیستم تحقیق و توسعه)، **تدوین استراتژی های همکاری** با سه مولفه (قراردادهای مشترک تحقیق و توسعه، تبادل دانش و فناوری، اشتراک گذاری منابع) و **تقویت سرمایه انسانی** با دو مولفه (برنامه های آموزشی مبتنی بر صنعت، توسعه برنامه های فرادسته ای) و ۷۲ مضمون پایه تعیین و معرفی شده اند. در انتها خروجی مدل کیفی تحقیق از مضامین سازمان دهنده و مضامین فراگیر ارائه خواهد شد.



شکل ۱: مدل کیفی تحقیق حاضر

آمار توصیفی متغیرهای جمعیت شناختی تحقیق در معادلات ساختاری

در بخش کمی پژوهش و بر اساس تحلیل جمعیت شناختی نمونه معادلات ساختاری ۳۳۰ نفر، بیشترین فراوانی مربوط به افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد است (۵۲٪)، و پس از آن شرکت کنندگان با مدرک کارشناسی (۲۷٪) و دکتری (۲۱٪) قرار دارند. این توزیع نشان دهنده غالب بودن گروه دارای تحصیلات کارشناسی ارشد در نمونه آماری است. از نظر توزیع سنی، اکثریت افراد مورد مطالعه در بازه سنی ۴۱ تا ۵۰ سال هستند (۵۴٪). گروه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال ۲۰٪ و ۵۰ سال به بالا ۲۶٪ را شامل می شود که شاخصی از تجربه و بلوغ حرفه ای شرکت کنندگان است. از لحاظ جنسیت، ترکیب نمونه عمدتاً مردانه است، به طوری که ۸۲٪ از پاسخ دهندگان مرد و ۱۸٪ زن هستند. در خصوص سابقه کاری، تقریباً نیمی از افراد (۴۷٪) در بازه ۱۶ تا ۲۵ سال سابقه اشتغال دارند. پس از آن، ۲۸٪ دارای سابقه ۵ تا ۱۵ سال و ۲۵٪ بیش از ۲۵ سال سابقه کار هستند. بنابراین نمونه آماری تحقیق تنوع قابل توجهی از نظر تجربه شغلی را داراست. این نتایج بیانگر ترکیب متنوع اما غالباً باتجربه، با تحصیلات بالا و اکثریت مردانه در میان پاسخ دهندگان بخش کمی پژوهش است که زمینه مناسبی برای تحلیل ساختاری روابط متغیرهای پژوهش فراهم می سازد.

برازش مدل اندازه گیری تحقیق

پس از تعیین ابعاد و مؤلفه های انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران، این عامل ها خوشه بندی شدند. به منظور ارزیابی درستی و اعتبار خوشه بندی ها، از روش مدل سازی معادلات ساختاری (SEM) استفاده شده است. در این راستا، اعتبار سازه ای به کمک الگوریتم حداقل مربعات جزئی مورد سنجش قرار گرفت. فرآیند مدل سازی معادلات ساختاری با نرم افزار Smart PLS شامل سه مرحله ای اصلی است: ارزیابی مدل اندازه گیری (بخش بیرونی)، ارزیابی مدل ساختاری (بخش درونی) و ارزیابی کل مدل. شاخص های مدل اندازه گیری در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳: مدل اندازه گیری انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت

پتروشیمی ایران

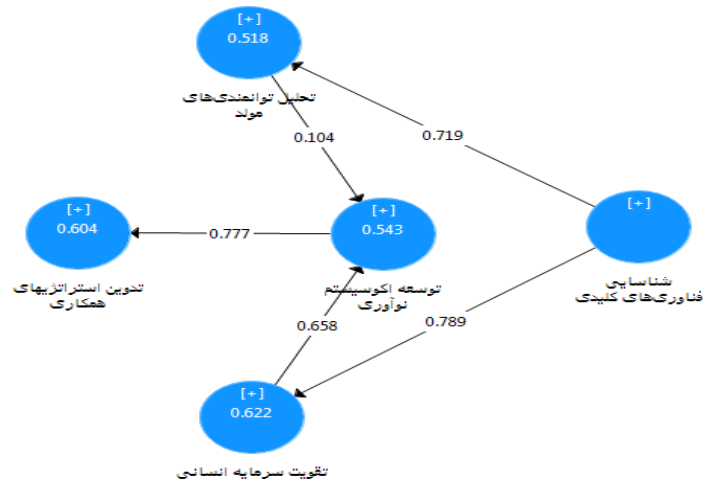
ابعاد	آلفا کرونباخ	پایایی مرکب CR	(AVE)	RHO_A
شناسایی فناوری های کلیدی	۰/۷۴۳	۰/۸۳۱	۰/۵۶۳	۰/۸۷۴
تحلیل توانمندی های مولد	۰/۸۳۱	۰/۸۷۲	۰/۶۶۶	۰/۸۴۸
توسعه اکوسیستم نوآوری	۰/۸۴۰	۰/۸۸۳	۰/۵۵۹	۰/۸۵۲

۰/۸۷۷	۰/۵۱۳	۰/۸۹۲	۰/۸۲۶	تدوین استراتژی‌های همکاری
۰/۸۸۶	۰/۵۶۶	۰/۸۹۹	۰/۸۶۷	تقویت سرمایه انسانی

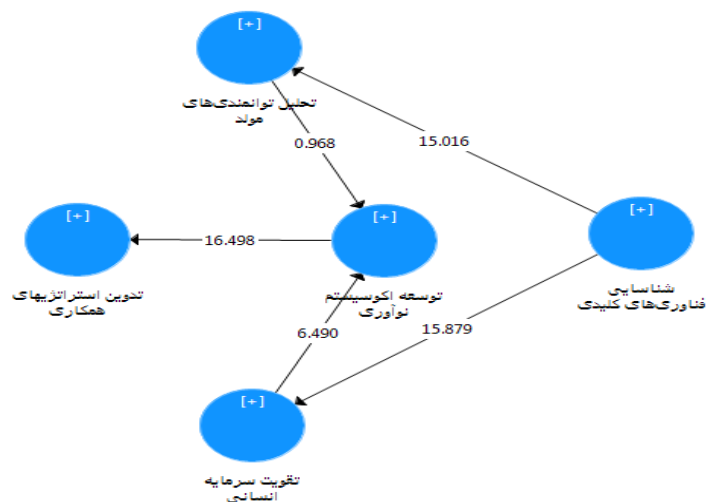
نتایج این جدول نشان می‌دهد که سازه‌های تحقیق حاضر دارای پایایی درونی و روایی همگرایی قابل قبولی هستند. اگرچه مقدار AVE برای برخی از سازه‌ها کمی پایین‌تر از حد ایده‌آل است، اما همچنان در محدوده قابل قبول قرار دارد.

برازش مدل ساختاری

در ارزیابی برازش مدل ساختاری، معناداری ضرایب مسیر با مقدار آماره t سنجیده می‌شود و این مقدار معیار مرکزی برای تأیید یا رد فرضیات به شمار می‌رود. اگر مقدار t به ترتیب از ۱/۶۴، ۱/۹۶ یا ۲/۵۸ بیشتر باشد، فرضیه موردنظر به ترتیب در سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد تأیید می‌شود. همچنین، زمانی که ضریب مسیر بین متغیر مکنون مستقل و متغیر مکنون وابسته مثبت باشد، نشان‌دهنده این است که افزایش متغیر مستقل به افزایش متغیر وابسته منجر می‌شود و برعکس، اگر ضریب منفی باشد، افزایش متغیر مستقل باعث کاهش متغیر وابسته خواهد شد.



شکل ۲: مدل ساختاری انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران (تخمین استاندارد)



شکل ۳: مدل ساختاری انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران (t-value)

جدول ۴: اثرات کل (مستقیم و غیر مستقیم) ابعاد انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران

نتیجه	سطح معنی داری	انحراف استاندارد	ضریب مسیر	آماره t	معیارها	مسیر	ابعاد
تایید	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۸۸	۰/۷۱۹	۱۵/۰۱۶	تحلیل توانمندی‌های مولد	به سمت	شناسایی فناوری‌های کلیدی
تایید	۰/۰۰۰	۰/۰۸۹	۰/۷۸۹	۱۵/۸۷۹	تقویت سرمایه انسانی	به سمت	شناسایی فناوری‌های کلیدی
عدم تایید	۰/۳۳۳	۰/۱۹۹	۰/۱۰۴	۰/۹۶۸	توسعه اکوسیستم نوآوری	به سمت	تحلیل توانمندی‌های مولد
تایید	۰/۰۰۰	۰/۰۷۶	۰/۶۵۸	۶/۴۹۰	توسعه اکوسیستم نوآوری	به سمت	تقویت سرمایه انسانی
تایید	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۸۷	۰/۷۷۷	۱۶/۴۹۸	تدوین استراتژی‌های همکاری	به سمت	توسعه اکوسیستم نوآوری
عدم تایید	۰/۳۵۵	۰/۱۱۵	۰/۰۹۴	۰/۹۲۵	تدوین استراتژی‌های همکاری	به سمت	تحلیل توانمندی‌های مولد
تایید	۰/۰۰۰	۰/۰۷۳	۰/۷۹۰	۶/۳۶۱	تدوین استراتژی‌های همکاری	به سمت	شناسایی فناوری‌های کلیدی

تقویت سرمایه انسانی	به سمت	تدوین استراتژی‌های همکاری	۶/۲۰۲	۰/۵۱۵	۰/۰۶۷	۰/۰۰۰	تایید
شناسایی فناوری‌های کلیدی	به سمت	توسعه اکوسیستم نوآوری	۸/۸۲۴	۰/۶۰۶	۰/۰۸۸	۰/۰۰۰	تایید

ضریب تعیین یکی از پنج شاخص اساسی برای ارزیابی برازش مدل در روش حداقل مربعات جزئی به شمار می‌رود و نشان‌دهنده آن است که چه مقدار از تغییرات متغیرهای وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود. همچنین، شاخص استون-گیسر یا Q2 برای سنجش قابلیت پیش‌بینی مدل به کار می‌رود و میزان قدرت مدل در پیش‌بینی سازه‌های درون‌زا را نشان می‌دهد.

جدول ۵: ضریب تعیین و معیار استون - گیسر ابعاد انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران

معیارها	R ²	وضعیت	Q2	وضعیت
تحلیل توانمندی‌های مولد	۰/۵۱۸	برازش متوسط	۰/۳۴۲	تناسب پیش‌بینی متوسط
توسعه اکوسیستم نوآوری	۰/۵۴۳	برازش متوسط	۰/۶۳۷	تناسب پیش‌بینی قوی
تدوین استراتژی‌های همکاری	۰/۶۰۴	برازش متوسط	۰/۵۹۸	تناسب پیش‌بینی قوی
تقویت سرمایه انسانی	۰/۶۲۲	برازش متوسط	۰/۴۱۲	تناسب پیش‌بینی قوی

بر اساس خروجی مدل نشان داده‌شده در جدول شماره (۵) مقدار $\overline{R^2}$ متغیرهای درون‌زای مدل برابر است با (۰/۵۷۱) 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 (۰/۴۵۵). بدین ترتیب مقدار معیار GOF برای پژوهش فوق برابر می‌شود با:

$$GOF = \sqrt{\overline{Communalities} \times \overline{R^2}} = \sqrt{0.455 \times 0.571} = 0.509$$

با توجه به سه مقدار ۰/۰۱؛ ۰/۲۵ و ۰/۳۶ به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF حاصل شدن مقدار ۰/۵۰۹ برای GOF نشان از برازش کلی قوی مدل در پژوهش حاضر دارد.

جدول ۶: خلاصه تلفیقی یافته‌های کیفی و کمی پژوهش

سطح تحلیل	مضامین فراگیر/ابعاد مدل	مؤلفه‌ها و مضامین سازمان‌دهنده	وضعیت تأیید در مدل ساختاری	دلالت کلیدی در ارتقای پیچیدگی اقتصادی
تحلیل مضمون (بخش کیفی)	۱. شناسایی فناوری‌های کلیدی	شناسایی محصولات پیچیده، فناوری‌های پیشرفته، کشورهای پیشرو و انتخاب کشورهای دارای فناوری برتر	—	شالوده شناسایی مسیرهای فناوریانه و تعیین جهت‌گیری‌های توسعه صنعتی
	۲. تحلیل توانمندی‌های مولد	تحلیل نیروی کار، منابع طبیعی، زیرساخت‌های فیزیکی	✗ مسیر مستقیم به "توسعه اکوسیستم نوآوری" و "تدوین استراتژی‌های همکاری" تأیید نشد	توانمندی‌های زیرساختی شرط لازم اما ناکافی برای تحقق انتقال مؤثر فناوری
	۳. توسعه اکوسیستم نوآوری	تحلیل اکوسیستم و زیرساخت، همکاری‌های بین‌المللی آموزشی، تقویت D&R	✓ تأیید به‌عنوان متغیر میانجی قوی	ایجاد محیط یادگیرنده و شبکه‌های نوآورانه برای تسهیل جذب فناوری
	۴. تدوین استراتژی‌های همکاری	قراردادهای مشترک D&R، تبادل فناوری، اشتراک‌گذاری منابع	✓ روابط تأیید شده با شناسایی فناوری، سرمایه انسانی، و اکوسیستم نوآوری	ابزار اصلی نهادینه‌سازی انتقال فناوری در سطح بنگاه و صنعت
	۵. تقویت سرمایه انسانی	آموزش مبتنی بر صنعت، برنامه‌های فرادسته‌ای	✓ اثر قوی بر اکوسیستم نوآوری و استراتژی‌های همکاری	سرمایه انسانی به‌عنوان نیروی پیشران نوآوری و جذب فناوری
مدل سازی معادلات ساختاری (بخش کمی)	—	ضرایب مسیر بین ابعاد شناسایی شده	مقادیر t بالاتر از ۱.۹۶ برای مسیرهای اصلی (جز در دو حالت غیرتأییدشده)	برازش کلی مدل: قوی
نتیجه کلان	—	ترکیب تحلیل کیفی و کمی نشان داد که پنج بُعد اصلی مدل در یک زنجیره علی هم‌افزا، انتقال فناوری را به محرکی برای افزایش پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی تبدیل می‌کنند.	—	تأیید یک مدل ساختاری بومی برای سیاست‌گذاری فناوری در ایران

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

هدف تحقیق حاضر تحلیل مضمون و مدل‌سازی ساختاری انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران بود. نتایج بخش کیفی پژوهش حاضر، ابعاد کلیدی و مؤثری را در حوزه انتقال فناوری و ارتقاء پیچیدگی اقتصادی صنعت پتروشیمی ایران آشکار ساخت. نخست، شناسایی فناوری‌های کلیدی بیانگر ضرورت تمرکز بر فناوری‌های پیشرفته، محصولات پیچیده جهت تسریع انتقال فناوری و بومی‌سازی آن‌ها بود. دوم، تحلیل توانمندی‌های مولد بر اهمیت ارزیابی دقیق منابع انسانی متخصص، زیرساخت‌های فیزیکی و قابلیت‌های بالقوه کشور در تولید و پذیرش فناوری تأکید داشت. بعد سوم، توسعه اکوسیستم نوآوری بر ایجاد زیرساخت‌های نوآورانه، حمایت از نظام تحقیق و توسعه، و شکل‌دهی شبکه‌های همکاری ملی و بین‌المللی تأکید کرد. بعد چهارم، تدوین استراتژی‌های همکاری به عنوان یک محور اساسی شناسایی شد که انعقاد قراردادهای مشترک تحقیق و توسعه، تبادل دانش و فناوری و نیز اشتراک‌گذاری منابع را پیش‌نیاز موفقیت انتقال فناوری می‌داند. نهایتاً، تقویت سرمایه انسانی به عنوان زیربنای پایداری فرآیند انتقال فناوری مطرح شد که از طریق توسعه برنامه‌های آموزشی تخصصی و پرورش نیروی انسانی توانمند قابل تحقق است. این ابعاد به صورت یکپارچه نشان می‌دهند که نیل به پیچیدگی اقتصادی بالاتر، مستلزم رویکردی نظام‌مند در شناسایی فناوری، بهره‌گیری بهینه از ظرفیت‌های داخلی، استقرار سازوکارهای مشارکتی و ارتقاء توانمندی نیروی انسانی متخصص است. یافته‌های کیفی پژوهش الگویی مفهومی برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی راهبردی انتقال فناوری در صنعت پتروشیمی ایران فراهم ساخته است که می‌تواند نقش مهمی در ارتقای جایگاه کشور در زنجیره ارزش جهانی ایفا کند. بر اساس یافته‌های بخش کمی پژوهش و نتایج مدل‌سازی مسیر، می‌توان تأثیرگذاری ابعاد انتقال فناوری: راهبردی برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران نتیجه گرفت که شناسایی فناوری‌های کلیدی نقشی کاملاً اساسی و معنادار، هم در تحلیل توانمندی‌های مولد (ضریب مسیر ۰/۷۱۹ با آماره t معنادار ۱۵/۰۱۶) و هم در تقویت سرمایه انسانی (ضریب مسیر ۰/۷۸۹ با آماره t معنادار ۱۵/۸۷۹) ایفا نموده است، که بیانگر اهمیت هدایت صحیح تلاش‌ها به سمت فناوری‌های پیشرفته و نوظهور در جهت فعال‌سازی سایر ابعاد کلیدی نظام انتقال فناوری است. تأثیر مستقیم شناسایی فناوری‌های کلیدی بر توسعه اکوسیستم نوآوری (ضریب مسیر ۰/۶۰۶ و آماره ۸/۸۲۴) و همچنین بر تدوین استراتژی‌های همکاری (ضریب مسیر ۰/۷۹۰ با آماره ۶/۳۶۱) نشان‌دهنده این است که توجه راهبردی به فناوری‌های اساسی، محرک اصلی سایر سازوکارهای نهادینه‌سازی انتقال فناوری است. از منظر نظری، این نتیجه با مدل هم‌تکاملی فناوری-توانمندی رن و همکاران (۲۰۲۳) و چارچوب هم‌زیستی فناورانه بین‌صنعتی سیمز و فریشامار (۲۰۲۴) همسوست؛ زیرا هر دو پژوهش تأکید دارند که انتخاب فناوری‌های

کلیدی، جریان دانش و یادگیری فناورانه را در سایر مؤلفه‌ها فعال می‌سازد. از منظر تجربی، در صنعت پتروشیمی ایران نیز مشاهده می‌شود که پروژه‌های موفق در پتروشیمی ارونند، بوعلی سینا و شهید تندگویان به واسطه‌ی تمرکز بر فناوری‌های کاتالیستی و فرآیندهای نوین کراکینگ توانسته‌اند ظرفیت نوآوری و یادگیری سازمانی را افزایش دهند. این شواهد تجربی تأیید می‌کند که جهت‌دهی هوشمند به سمت فناوری‌های پیشرفته، محرک سایر سازوکارهای نهادینه‌سازی انتقال فناوری است. از سوی دیگر، تحلیل توانمندی‌های مولد علی‌رغم اهمیت ذاتی خود، تأثیر معناداری نه بر توسعه اکوسیستم نوآوری (ضریب مسیر ۰/۱۰۴، آماره ۰/۹۶۸) و نه بر تدوین استراتژی‌های همکاری (ضریب مسیر ۰/۰۹۴، آماره ۹۲۵۰) نداشته و این نتیجه به لحاظ آماری در سطح مورد نیاز تأیید نشده است. این یافته نشان می‌دهد صرفاً وجود منابع و زیرساخت‌های فیزیکی و انسانی برای تسریع فرآیند نوآوری یا تدوین استراتژی‌های اثربخش کافی نیست؛ بلکه لازم است این توانمندی‌ها با جهت‌گیری فناورانه و مدیریت سرمایه انسانی تلفیق شوند. تبیین نظری این نتیجه، در پرتو نظریه‌ی منابع و قابلیت‌ها قابل درک اولاکادا و همکاران (۲۰۲۴) است؛ به این معنا که منابع فیزیکی و ساختاری تا زمانی که در بستر یادگیری فناورانه به کار گرفته نشوند، به پیچیدگی اقتصادی منجر نمی‌گردند. شواهد تجربی از صنعت نیز این عدم معناداری را حمایت می‌کند: در بسیاری از مجتمع‌های نیمه‌دولتی پتروشیمی ایران علی‌رغم وجود زیرساخت‌های گسترده، محدودیت در جذب فناوری خارجی و ضعف در پیوندهای یادگیری فناورانه مانع از بهره‌برداری اثربخش از توانمندی‌های موجود شده است. این هم‌راستایی میان داده‌های آماری و واقعیت صنعتی، دلالت بر ضرورت تلفیق توانمندی‌ها با جهت‌گیری فناورانه دارد. تأثیر تقویت سرمایه انسانی هم بر توسعه اکوسیستم نوآوری (ضریب مسیر ۰/۶۵۸ با آماره ۶/۴۹۰) و هم بر تدوین استراتژی‌های همکاری (ضریب مسیر ۰/۵۱۵ با آماره ۶/۲۰۲) کاملاً مثبت و معنادار بوده است که اهمیت پرورش و توانمندسازی نیروی انسانی را به عنوان زیربنای موفقیت شبکه انتقال فناوری و همکاری‌ها برجسته می‌کند. از منظر نظری، این یافته با تحقیقات غلام‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱) و رن و همکاران (۲۰۲۳) همسوست، که نقش یادگیری تخصصی و مهارت‌های دیجیتال کارکنان را در تسریع انتقال فناوری و افزایش پیچیدگی فناوری تأیید کردند. از نظر تجربی، در صنعت پتروشیمی ایران تجربه نشان داده است که طرح‌های آموزش ضمن خدمت در پالایشگاه‌های بوعلی و تندگویان، موجب افزایش توان همکاری فناورانه و جذب فناوری‌های نو شده است. در نتیجه، یافته حاضر اساساً بیانگر آن است که سرمایه انسانی نه تنها زیربنای موفقیت در انتقال فناوری بلکه کatalیزور ارتباط سایر ابعاد مدل است. در نهایت، توسعه اکوسیستم نوآوری، عامل اثرگذار و تقویت‌کننده شکل‌گیری استراتژی‌های همکاری بوده است (ضریب مسیر ۰/۷۷۷ با آماره t معنادار ۱۶/۴۹۸)، به نحوی که رشد و انسجام فضای نوآوری، زیرساخت تعاملات فناورانه و توسعه همکاری‌های اثربخش را فراهم

می‌نماید. از بعد نظری، این یافته در امتداد پژوهش‌های اولاکادا و همکاران (۲۰۲۴) قرار می‌گیرد که همکاری بلندمدت و شبکه‌ای را عامل کلیدی برای پایداری انتقال فناوری می‌دانند. از منظر عملی، تجربه شکل‌گیری مراکز نوآوری در پتروشیمی خلیج فارس و راه‌اندازی شبکه‌های تحقیق مشترک با دانشگاه صنعتی شریف، نشانگر قدرت بسترهای نوآورانه در تسهیل همکاری‌های فناورانه است. به علاوه، زنجیره ارتباطی میان اکوسیستم نوآوری و استراتژی‌های همکار به دلیل ماهیت درون‌زای نوآوری‌ها در صنعت پتروشیمی ایران، مؤید صحت مدل ساختاری و ارتباط منسجم اجزای آن است. در پرتو شواهد نظری و تجربی بین‌المللی، یافته‌های این پژوهش را می‌توان در چارچوب مدل توسعه قابلیت انتقال فناوری (علیرضایی و همکاران، ۲۰۲۳) و گزارش سیاستی (OECD (2022) تفسیر کرد. مطابق با این چارچوب‌ها، انتقال مؤثر فناوری در صنایع پیشرفته زمانی منجر به ارتقای پیچیدگی اقتصادی می‌شود که سه سازوکار هم‌زمان فعال باشند: شبکه‌های یادگیری فناورانه، سرمایه انسانی متخصص، و زیرساخت‌های نوآوری باز. تجربه صنعت پتروشیمی کره جنوبی و مالزی نشان می‌دهد که ایجاد شبکه‌های مشترک تحقیق و توسعه و آموزش‌های هدفمند نیروهای متخصص، توانسته است سهم محصولات با فناوری پیشرفته را در زنجیره ارزش آن کشورها به طور متوسط بیش از ۵۰ درصد افزایش دهد. از این منظر، یافته‌های تحقیق حاضر با تکیه بر توسعه اکوسیستم نوآوری و تقویت سرمایه انسانی، همسو با مسیرهای عملیاتی موفق جهانی است و نشان می‌دهد که حرکت هدفمند در این مسیر می‌تواند برای صنعت پتروشیمی ایران نیز دستاورد مشابهی رقم زند. به‌ویژه، تشکیل کنسرسیوم‌های فناورانه با مشارکت دانشگاه‌ها و شرکت‌های بین‌المللی و طراحی دوره‌های آموزشی تخصصی در حوزه فناوری‌های فرآیندی پیشرفته، می‌تواند به بازآفرینی همان اثر هم‌افزا میان دانش، سرمایه انسانی، و پیچیدگی اقتصادی منجر شود. نتایج مدل ساختاری تحقیق بیانگر این است که فرآیند انتقال فناوری و ارتقاء پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی، در گرو شناسایی و هدف‌گذاری فناوری‌های راهبردی، سرمایه‌گذاری بر منابع انسانی و ایجاد بستر نوآوری است؛ و این عوامل بیش از صرفاً توانمندی‌های فیزیکی و مولد، نقش تعیین‌کننده در موفقیت سیاست‌های انتقال فناوری و دستیابی به جایگاه رقابتی در عرصه جهانی دارند. بررسی شاخص‌های برازش مدل ساختاری R² و شاخص قدرت پیش‌بینی Q² برای ابعاد کلیدی مدل انتقال فناوری نشان می‌دهد که مدل تحقیق از برازش و اعتبار پیش‌بینی قابل قبولی برخوردار است. مقدار R² برای تمامی متغیرهای وابسته (در محدوده ۰/۵۱۸ تا ۰/۶۲۲) در سطح برازش متوسط قرار دارد که بیانگر توان مدل در تبیین حدود ۵۲ تا ۶۲ درصد از تغییرات متغیرهای تحلیل توانمندی‌های مولد، توسعه اکوسیستم نوآوری، تدوین استراتژی‌های همکاری و تقویت سرمایه انسانی بر اساس متغیرهای مستقل وارد شده به مدل است. این سطح از برازش، نشان‌دهنده کفایت مدل ساختاری در توضیح روابط علی میان ابعاد انتقال فناوری است. از منظر شاخص

Q2 که میزان قدرت پیش‌بینی مدل را در برآورد داده‌های جدید می‌سنجد، مقادیر به‌دست‌آمده برای اکثر ابعاد مدل (بین ۰/۳۴۲ تا ۰/۶۳۷) در وضعیت تناسب پیش‌بینی قوی قرار گرفته‌اند. به‌طور خاص، توسعه اکوسیستم نوآوری، تدوین استراتژی‌های همکاری و تقویت سرمایه انسانی با مقادیر بیش از ۰/۴۱، از قدرت پیش‌بینی بسیار مناسب برخوردارند و تنها تحلیل توانمندی‌های مولد در محدوده پیش‌بینی متوسط قرار دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل ساختاری ارائه‌شده، توانایی مناسبی در پیش‌بینی نتایج واقعی در زمینه انتقال فناوری و مؤلفه‌های کلیدی مرتبط با آن در صنعت پتروشیمی ایران دارد. تحقیق حاضر بر محورهایی نظیر شناسایی فناوری‌های کلیدی، تدوین استراتژی‌های همکاری و تقویت سرمایه انسانی استوار است. این موارد با مدل ارائه‌شده توسط اولاکادا و همکاران (۲۰۲۴)، که بر اثرات سرمایه‌گذاری مشترک و همکاری بلندمدت تأکید دارد، و همچنین تحقیق رن و همکاران (۲۰۲۳) که نقش اشتراک‌گذاری فناوری و مشارکت سهامداران را برجسته کرده است، همگرایی دارد. بعد تقویت سرمایه انسانی در تحقیق حاضر با مدل غلام‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱)، که سرمایه انسانی و ساختار سازمانی حمایت‌گر را یکی از ابعاد حیاتی انتقال فناوری در صنایع پتروشیمی می‌داند، هم‌راستاست. همچنین رن و همکاران (۲۰۲۳) به توسعه مهارت‌های نیروی کار دیجیتال به‌عنوان عاملی کلیدی اشاره کرده‌اند که مشابه تمرکز تحقیق حاضر بر رشد منابع انسانی است. نقش عوامل دولتی در مدل انتقال فناوری سهرابی و همکاران (۱۴۰۱) و همکاری دولت در یافته‌های فخاری (۱۴۰۱) با مفهوم تدوین استراتژی‌های همکاری در تحقیق حاضر همگرایی قابل توجهی دارد، که به اهمیت سیاست‌گذاری‌ها و حمایت دولتی در فرآیند انتقال فناوری اشاره دارد. تحقیق حاضر با تمرکز بر ارتقای پیچیدگی اقتصادی، همسو با تحقیقات نظیر رن و همکاران (۲۰۲۳) است که از مدل اقتصاد دایره‌ای برای هدایت انتقال فناوری بهره گرفته‌اند. این همگرایی نشان‌دهنده نقش نوآوری در ایجاد مزیت‌های رقابتی پایدار است. تحقیق حاضر به روش‌های خاص انتقال فناوری نظیر مهندسی معکوس یا حق امتیاز که در پژوهش قاسم‌زاده و همکاران (۱۴۰۱) به عنوان مهم‌ترین ابزارهای انتقال فناوری در صنعت نفت و گاز ایران معرفی شده‌اند، اشاره‌ای ندارد. در مقابل، تمرکز تحقیق حاضر بیشتر بر ابعاد کلیدی و راهبردی است که فرآیند انتقال فناوری را تسهیل می‌کنند. در حالی که سیمز و فریشامار (۲۰۲۴) چالش‌های تعاملات نامتقارن میان شرکت‌های با فناوری بالا و پایین را به عنوان مانعی مهم در فرآیند انتقال فناوری معرفی کرده‌اند، تحقیق حاضر مستقیماً به این جنبه از انتقال فناوری در صنعت پتروشیمی ایران نمی‌پردازد. برخی تحقیقات نظیر علیرضایی و همکاران (۲۰۲۳) به انتخاب فناوری برای واحدهای صنعتی پایین‌دستی پتروشیمی اشاره دارند، در حالی که تحقیق حاضر دیدگاهی وسیع‌تر و کلان‌تر با هدف ارتقای پیچیدگی اقتصادی کل صنعت پتروشیمی ایران ارائه کرده است. این واگرایی به تفاوت در مقیاس و حوزه بررسی اشاره دارد. مدل ارائه‌شده در تحقیق حاضر از

ابعاد کلیدی انتقال فناوری و ارتباط آن‌ها با پیچیدگی اقتصادی بهره می‌برد. این رویکرد کمتر در تحقیقات نظیر سهرابی و همکاران (۱۴۰۱) یا فخاری (۱۴۰۱) دیده می‌شود که عمدتاً بر شناسایی عوامل یا رتبه‌بندی شاخص‌ها تمرکز دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل مضمون و مدل‌سازی ساختاری انتقال فناوری به‌منظور ارتقای پیچیدگی اقتصادی در صنعت پتروشیمی ایران انجام شد. این تحقیق با بازتعریف انتقال فناوری در بافت بومی صنعت پتروشیمی کشور، مدلی مفهومی و کاربردی ارائه کرده است که عوامل کلیدی شناسایی فناوری‌های راهبردی، توسعه اکوسیستم نوآوری، تدوین استراتژی‌های همکاری و تقویت سرمایه انسانی را در ساختاری منسجم تلفیق می‌کند. در این چارچوب، شناسایی فناوری‌های کلیدی به‌عنوان محرک محوری و سرمایه انسانی فناورانه به‌عنوان زیربنای پویایی مدل عمل می‌کنند؛ مفاهیمی که از سطح توصیفی صرف به سطح تحلیلی و سیاستی ارتقا یافته‌اند. از منظر دلالت‌های نظری، این تحقیق نخستین مدلی را ارائه می‌کند که پیوند درونی انتقال فناوری و پیچیدگی اقتصادی را با در نظر گرفتن نقش متغیرهای میانجی توسعه اکوسیستم نوآوری و سرمایه انسانی فناورانه تبیین می‌کند. این مدل منجر به غنای نظری در دو حوزه شد:

الف) پر کردن خلأ مطالعات پیشین که اغلب این مؤلفه‌ها را به‌صورت منفرد بررسی کرده بودند؛

ب) معرفی یک رویکرد سیستمی و هم‌تکاملی که در آن تعامل پویای فناوری، منابع انسانی و شبکه‌های نوآوری به‌عنوان سازوکارهای پیش‌ران رشد پیچیدگی اقتصادی عمل می‌کنند.

بدین ترتیب، یافته‌های این پژوهش با نظریه‌های مبتنی بر منابع، مدل هم‌تکاملی فناوری-توانمندی و چارچوب نوآوری باز هم‌راستا بوده و سهمی نظری در بومی‌سازی مفاهیم مدیریت فناوری در بستر اقتصادهای در حال توسعه ایفا می‌کند.

از منظر دلالت‌های مدیریتی، نتایج این تحقیق پیام‌های صریحی برای مدیران شرکت‌های پتروشیمی دارد. نخست، مدیران باید مدیریت فناوری را به‌جای تمرکز صرف بر دارایی‌های فیزیکی، بر انتقال دانش ضمنی، یادگیری فناورانه و رشد قابلیت‌های انسانی استوار کنند. دوم، ایجاد سیستم‌های انگیزشی و ارزیابی عملکرد فناورانه برای کارکنان کلیدی، به‌ویژه در پروژه‌های مشترک، می‌تواند به تسریع فرآیند نوآوری کمک کند. سوم، مدیران واحدهای پتروشیمی باید ساختارهای یادگیری سازمانی، نظیر جامعه‌های یادگیرنده و مراکز مهارت‌افزایی، را به‌عنوان ابزارهای درونی انتقال فناوری به کار گیرند. این دلالت‌ها نشان می‌دهد که دستیابی به پیچیدگی اقتصادی نه صرفاً

با سرمایه گذاری، بلکه از طریق رهبری فناورانه و یادگیری سازمانی هدفمند امکان پذیر است. از منظر دلالت های سیاستی، یافته های پژوهش نشان می دهد که ارتقای پیچیدگی اقتصادی نیازمند هم افزایی میان سیاست فناوری و سیاست صنعتی است. بر این اساس، پیشنهاد می شود سیاست گذاران با ایجاد بانک ملی فناوری های کلیدی پتروشیمی، مسیر شفاف انتقال و بومی سازی فناوری را فراهم آورند؛ پلتفرم های همکاری فناورانه دولت-صنعت-دانشگاه را فعال کنند تا پروژه های مشترک توسعه فناوری شکل گیرد؛ مشوق های مالیاتی و اعتباری برای شرکت هایی که در پروژه های بین المللی انتقال فناوری مشارکت دارند تعریف نمایند؛ و با ارزیابی نظام مند پیچیدگی محصولات صادراتی پتروشیمی، سیاست های حمایتی هدفمند در سطح ملی اعمال کنند. این اقدامات به همگرایی اهداف نوآوری، رقابت پذیری و رشد پایدار اقتصادی کمک می کند. از دیدگاه دلالت های عملیاتی و بین المللی، مطالعه تجارب موفق شرکت های SK Innovation در کره جنوبی و Petronas در مالزی نشان می دهد که استقرار مراکز نوآوری مشترک و برنامه های آموزش فناورانه حرفه ای، عامل کلیدی در افزایش ارزش افزوده و پیچیدگی محصول است. تطبیق این تجربه ها با شرایط ایران نشان می دهد که با اتکا بر ظرفیت های دانشی بومی، طراحی کنسرسیوم های آموزشی و تحقیقاتی میان شرکت های پتروشیمی، دانشگاه ها و شرکای بین المللی می تواند همان اثر هم افزا را در ایران نیز بازتولید کند. این رویکرد، پیوند مستقیمی میان یافته های نظری تحقیق و سیاست های اجرایی فراهم می سازد. این پژوهش، انتقال فناوری را نه به صورت عام، بلکه در بافت ویژه صنعت پتروشیمی ایران بازتعریف کرده است. ویژگی های متمایز این صنعت، همچون ساختار نیمه دولتی شرکت ها، وابستگی فنی به فناوری های فرآیندی، پیچیدگی زنجیره ارزش و نقش حاکمیتی شرکت ملی صنایع پتروشیمی، موجب شد تا مدل مفهومی تحقیق با در نظر گرفتن این شرایط بومی سازی شود. برخلاف الگوهای عمومی حوزه انرژی، در مدل حاضر مؤلفه های مربوط به توانمندی های مولد، شبکه سازی فناورانه و استراتژی های همکاری با دقت بر مبنای واقعیت های بومی طراحی شده اند؛ از جمله شبکه پیمانکاران EPC داخلی، محدودیت های ناشی از تحریم در تعاملات بین المللی و افزایش اتکا به فناوری های بومی شده. بدین ترتیب، مدل ارائه شده از سطح نظری به سطح کاربردی و انطباق پذیر با فضای واقعی صنعت پتروشیمی کشور ارتقا یافته است. از منظر نوآوری علمی و توسعه دانش نظری، این تحقیق برای نخستین بار رابطه میان انتقال فناوری و پیچیدگی اقتصادی را در چارچوب یک مدل ساختاری تلفیق و تبیین کرده است. در مدل پیشنهادی، نقش اکوسیستم نوآوری، سرمایه انسانی فناورانه و استراتژی های همکاری فناور محور به عنوان متغیرهای میانجی شناسایی و تحلیل شده اند؛ عاملی که تمایز اصلی پژوهش حاضر نسبت به مطالعات پیشین را شکل می دهد. بر اساس یافته های پژوهش، پیشنهاد می شود در مطالعات آتی، نخست، عوامل تسهیل گر و موانع فرهنگی-سازمانی انتقال فناوری با تمرکز بر نقش سرمایه اجتماعی، ساختارهای نهادی و

دینامیک‌های درون‌سازمانی در صنعت پتروشیمی ایران به‌صورت عمیق‌تر بررسی و مدل‌سازی شود. دوم، تحلیل تطبیقی مدل انتقال فناوری ارائه‌شده در این تحقیق با الگوهای موفق جهانی در صنایع مشابه سایر کشورهای دارای اقتصادهای نوظهور یا پیشرفته صورت گیرد تا میزان بومی‌سازی، کارآمدی و نقاط تمایز مدل ایرانی به‌دقت ارزیابی و زمینه اصلاح و ارتقای راهبردهای ملی فراهم شود. افزون بر این، شواهد عملیاتی حاصل از تجارب بین‌المللی نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری‌های موفق انتقال فناوری در صنایع پتروشیمی متکی بر هم‌افزایی میان مراکز نوآوری، آموزش هدفمند نیروی انسانی و همکاری بین‌صنعتی است. برای مثال، شرکت‌های پتروشیمی کره جنوبی (SK Innovation) و مالزی (Petronas) با طراحی نظام‌های آموزش فناورانه، استقرار برنامه‌های انتقال فناوری مشترک با دانشگاه‌ها و تشکیل شبکه‌های یادگیری فناورمحور توانسته‌اند ظرفیت نوآوری و پیچیدگی اقتصادی خود را طی کمتر از یک دهه به‌طور چشمگیری افزایش دهند. به‌طور مشابه، اجرای سیاست‌های هم‌راستا در ایران می‌تواند با اتکا بر مزیت‌های فناورانه بومی، نقش مهمی در حرکت از تولید کم‌ارزش به سمت صنایع دانش‌پایه و پیچیده ایفا کند.

منابع

- Alirezaei, A., Bagheri, H., & Kabaran Zadeh, M. R. (2023). Explanation of Digital Equipment Technology Selection Model for Equipping Downstream Petrochemical Industrial Units. *International Journal of Digital Content Management*, 4(7), 311-335. <https://doi.org/10.22054/dcm.2022.68970.1126>
- Cai, H., Wang, Z., Zhang, Z., & Xu, L. (2023). Does environmental regulation promote technology transfer? Evidence from a partially linear functional-coefficient panel model. *Economic Modelling*, 124, 106297. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106297>
- Craiut, L., Bungau, C., Bungau, T., Grava, C., Otrisal, P., & Radu, A. F. (2022). Technology Transfer, Sustainability, and Development, Worldwide and in Romania. *Sustainability*, 14(23), 15728. <https://doi.org/10.3390/su142315728>
- Derakhshan, M. and Taklif, A. (2015). The Transfer and Development of Technology in Iranian Upstream Oil Sector: Considerations on the Concepts, Requirements, Challenges and Remedies. *Iranian Energy Economics*, 4(14), 33-88. doi: 10.22054/jiee.2015.1063. (In Persion).
- Distanont, Anyanitha, Orapan Khongmalai, and Pranee Kritpipat (2018), Factors affecting technology transfer performance in the petrochemical industry in Thailand: A case study." *WMS Journal of Management* 7.2: 23-35. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/wms/article/view/125725>
- Ebrahimi S, N, Khoshchehreh, F.(2016). Utilization, Transfer and Development of Technology in Iran's Upstream Oil and Gas Industry Contracts. 9 :65-102. URL: <http://ijmedicallaw.ir/article-1-561-fa.html>. (In Persion).
- Elmuti, S, D., & S. Abou-Zaid, A. (2013). Patterns of technology transfer among the Arab Gulf States: opportunities and challenges. *International Journal of Commerce and Management*, 23(4), 339-353. <https://doi.org/10.1108/IJCoMA-02-2012-0012>
- Fakhari, M. (2022). Identifying and Ranking Factors Affecting Technology Transfer in The Manufacture of Oil industry Equipment using the Analytical Network Model (ANP) (Case

- study: Padyab Tajhiz Company). *System Engineering and Productivity*, 2(1), 29-50. doi: 10.22034/sep.2022.243403. (In Persion).
- Ghasemzadeh, Abbas, Mushtaq, Mohammad Sadeq, Tajbakhsh, Mahmoud, Maddafar, Majid. (2021) Effective factors in technology transfer management in the Iranian oil and gas industry, *Knowledge-based Business Management*, 3(1), 112-126. <https://www.magiran.com/paper/2456931>. (In Persion).
- Gholamnejad, M. , Movahedi, M. , Manteghi, M. and Ali yari,, S. (2022). Presenting a structural capital model with a focus on technology transfer in Iran's petrochemical industry. *Innovation Management Journal*, 11(2), 105-145. 20.1001.1.23225386.1401.11.2.5.9. (In Persion).
- Gholamnejad, M. , Movahedi, M. , Manteghi, M. and AliYari, S. (2022). Presenting a Model for Measuring the Success of Technology Transfer in Iran's Petrochemical Industry. *Journal of Technology Development Management*, 9(4), 75-99. doi: 10.22104/jtdm.2022.4880.2788. (In Persion).
- Iskanadarani, N., Abou Gamila, M. E., & Shash, A. (2013). Evaluating the Role of Joint Venture for Technology Transfer in Petrochemicals Industry at Jubail, KSA. *TOJSAT*, 3(3), 97-110. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tojsat/article/241993>
- Kazemzadeh, E., Fuinhas, J. A., Shirazi, M., Koengkan, M., & Silva, N. (2023). Does economic complexity increase energy intensity?. *Energy Efficiency*, 16(4), 29. <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10104-w>
- Mohaghar, A., Monawarian, A., & Raassed, H. (2012). Evaluation of technology transfer strategy of petrochemical process. *The Journal of Technology Transfer*, 37, 563-576 <https://doi.org/10.1007/s10961-010-9180-9>
- Mohammadi, M, garshasbi, nia N. (2017). The Analysis of Technology Transfer for Iranian oil Contracts; the case study Analysis of New Iran Petroleum Contracts (IPC) Models . *QEER* 2017; 13 (54) :135-172
URL: <http://iiesj.ir/article-1-788-fa.html>. (In Persion).
- Mortazavinejad, Seyed Rokn al-Din, Nazari, Fariba, (2020) Identification and prioritization of obstacles to technology transfer through attracting foreign direct investment in the

- petrochemical industry, *Roshd Tekhnologiya*, 67(17), 1-9. 10.52547/jstpi.20845.17.67.1. (In Persion).
- Neagu, O. (2020). Economic complexity and ecological footprint: evidence from the most complex economies in the world. *Sustainability*, 12(21), 9031. <https://doi.org/10.3390/su12219031>
- Norouzi, Mohammad, Amani, Masoud, Goodarzi, Gholamreza. (2017) Investigating barriers to technology transfer and development in the upstream sector of the oil industry: An analytical approach, *Quarterly Journal of Energy Economics Studies*, 13 (52), 181-215. URL: <http://iiesj.ir/article-1-713-fa.html>. (In Persion).
- Olakada, N. M., Bakare, A. A., Taiwo, M. A., Ibrahim, A. U., & Abubakar, H. L. (2024). Joint venture, technology transfer and the performance of nigerian oil and gas industry. *International Journal of Professional Business Review: Int. J. Prof. Bus. Rev.*, 9(3), 3. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i3.4252>
- Pouran Manjily, H., & Taleghani, M. (2015). Technology transfer strategy in the upstream oil industry (oil fields development) of the Islamic Republic of Iran has provided the effectiveness of technology transfer model. *International Journal of Operational Research*, 5(4), 87-101. <http://ijorlu.liau.ac.ir/article-1-483-fa.html> (In Persion).
- rashidinia, M. , karimi, F. and ghorbani, H. (2023). Development of Iranian Petrochemical Products Exports to ECOTA Trade Agreement Member Countries Using Decision Support Model and Economic Complexity Approach. *Iranian Journal of Trade Studies*, 27(108), 121-169. doi: 10.22034/ijts.2023.1999933.3829. (In Persion).
- Razali, S. R., Omar, R., Sarpin, N., Mohamed, S., & Sallehuddin, A. M. (2021). The Level of Absorptive Capacity among Contractors in Technology Transfer Project: Electrical Train Service (ETS), Malaysia. *International Journal of Real Estate Studies*, 15(S1), 46-52. <https://doi.org/10.11113/intrest.v15nS1.116> . (In Persion).
- Ren, Y., Wu, K. J., Lim, M. K., & Tseng, M. L. (2023). Technology transfer adoption to achieve a circular economy model under resource-based view: A high-tech firm. *International Journal of Production Economics*, 264, 108983. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108983>

- Sadeghi Mraznaki, Y. , Hosseini Shakib, M. , Khamseh, A. and Torabi, T. (2021). An Innovative Model of Technology Transfer Abilities in Iran's Petrochemical Industry. *Public Management Researches*, 14(53), 199-226. doi: 10.22111/jmr.2020.33936.5043. (In Persion).
- Shahmoradi B, adineh A, Samandar Ali Eshtehardi M, Afshari Z. (2022). Examine the complexity of Iran's Petrochemical Industry and its future opportunities. 29 (100) :255-288. URL: <http://qjerp.ir/article-1-2869-fa.html>. (In Persion).
- Simms, C., & Frishammar, J. (2024). Technology transfer challenges in asymmetric alliances between high-technology and low-technology firms. *Research Policy*, 53(3), 104937. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104937>
- Sohrabi, Tahmoorth, Keramati, Mohammad Ali, Mohammadi, Hamid Reza. (2022). Designing a Technology Transfer Model in the Offshore Oil and Gas Industry of the Country: A Mixed Approach, *Shahr-e-Iman Scientific Journal*, 5(3), 17034. doi: 10.22034/ispdrc.2022.702209. (In Persion).
- Zamany, A. and Khamseh, A. (2022). Identification of Influential Dimensions and Components of Technology Transfer with a focus on digital transformation. *Journal of Technology Development Management*, 10(3), 57-90. doi: 10.22104/jtdm.2023.5698.3032. (In Persion).