

تحلیل پیشران‌ها و سناریوهای مؤثر در دیجیتال سازی صنعت پتروشیمی ایران

عبدالرسول گله گیری زاده^۱، محمد علی کرامتی^{۲*}، صفیه مهری نژاد^۳، حسین معین زاد^۴

۱. گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* ایمیل نویسنده مسئول: keramati@iau.ac.ir

چکیده

هدف این پژوهش شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی و تدوین سناریوهای استراتژیک برای همسوسازی استراتژی‌های سازمانی با تحولات دیجیتال در صنعت پتروشیمی ایران است. این تحقیق از نوع کاربردی و با رویکرد آمیخته انجام شد. در بخش کیفی، اسناد بالادستی و اسناد صنعت پتروشیمی بررسی و با ۱۵ نفر از خبرگان حوزه مدیریت و برنامه‌ریزی صنعت پتروشیمی مصاحبه نیمه‌ساختاریافته انجام شد که تا مرحله اشباع نظری ادامه یافت. داده‌های کیفی با استفاده از تحلیل مضمون بر پایه مدل آنراید-استرلینگ و با بهره‌گیری از نرم‌افزار ATLAS.ti تحلیل شدند. در بخش کمی، جامعه آماری شامل ۴۰۰ نفر از شاغلان صنعت پتروشیمی بود که با روش نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شدند. ابزار گردآوری پرسشنامه محقق ساخته بود و اعتبار محتوا به تأیید خبرگان و پایایی با ضریب آلفای کربندورف تأیید شد. برای تحلیل داده‌ها از تکنیک MICMAC جهت شناسایی پیشران‌های کلیدی و از نرم‌افزار Scenario Wizard برای استخراج سناریوهای استراتژیک استفاده شد. از میان ۲۰ پیشران شناسایی شده، چهار پیشران کلیدی با بیشترین تأثیرگذاری و وابستگی شناسایی گردید. بر اساس این پیشران‌ها سه سناریوی استراتژیک استخراج شد: سناریوی اول بر سازگاری با تحولات سیاسی و اقتصادی و تأمین مالی نوآورانه، سناریوی دوم بر بهبود فرآیندهای اجرایی، توسعه مهارت‌های دیجیتال و ارتقای بهره‌وری، و سناریوی سوم بر بهبود کیفیت زندگی کارکنان، ایمنی و تعاملات با جامعه تأکید داشت. نتایج پژوهش نشان داد دیجیتال سازی صنعت پتروشیمی با شناسایی دقیق پیشران‌های کلیدی و تدوین سناریوهای چندلایه می‌تواند مسیر همسوسازی استراتژی‌های سازمانی را تسهیل کند، بهره‌وری و سودآوری را افزایش دهد و شرایط رقابت‌پذیری جهانی را بهبود بخشد. همچنین فراهم‌سازی زیرساخت‌های فناورانه، توسعه مهارت‌های دیجیتال و پشتیبانی مالی نوآورانه برای موفقیت این تحول ضروری است.

کلیدواژه‌گان: دیجیتال سازی، همسوسازی استراتژی سازمانی، تحلیل میک‌مک، سناریوپردازی، صنعت پتروشیمی

تاریخ ارسال: ۱ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۰ مرداد ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۸ مرداد ۱۴۰۳

تاریخ چاپ: ۲۵ شهریور ۱۴۰۳



How to cite: Galegirizadeh, A., Keramati, M. A., & Mehrenejad, S., & Moinzad, H. (2024). Drivers and Strategic Scenarios for Digitalization in the Iranian Petrochemical Industry. *Training, Education, and Sustainable Development*, 2(2), 1-16.



© 2024 the authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Drivers and Strategic Scenarios for Digitalization in the Iranian Petrochemical Industry

Abdolrasoul Galegirizadeh¹, Mohammad Ali Keramati^{1*}, Safieh Mehrenejad², Hosein Moinzad¹

1. Department of Industrial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author's Email: keramati@iau.ac.ir

Abstract

This study aimed to identify and analyze the key drivers and develop strategic scenarios for aligning organizational strategies with digital transformation in the Iranian petrochemical industry. This applied research adopted a mixed-method design. In the qualitative phase, upstream policy documents and petrochemical industry reports were reviewed, followed by semi-structured interviews with 15 experienced industry experts until theoretical saturation. Qualitative data were analyzed using thematic analysis based on the Atride–Sterling model with ATLAS.ti software. In the quantitative phase, 400 employees in the petrochemical sector were selected using simple random sampling. Data were collected through a researcher-made questionnaire validated by experts, with reliability confirmed via Krippendorff's alpha. MICMAC analysis was employed to determine key drivers, and Scenario Wizard software was used to develop strategic scenarios. Among the 20 identified drivers, four emerged as the most critical and influential. Based on these, three strategic scenarios were formulated: the first emphasized adaptation to political and economic shifts with innovative financing mechanisms; the second focused on operational efficiency, digital skills development, and productivity improvement; and the third highlighted enhancing employee well-being, safety, and public engagement. The findings indicate that effective digitalization of the petrochemical industry requires identifying core drivers and creating comprehensive, multi-layered scenarios to guide organizational strategy alignment. These measures can increase profitability, improve productivity, and strengthen global competitiveness. Success depends on advancing technological infrastructure, enhancing digital competencies, and fostering innovative financing solutions.

Keywords: *Digitalization, organizational strategy alignment, MICMAC analysis, scenario planning, petrochemical industry*

Submit Date: 20 April 2024

Revise Date: 31 July 2024

Accept Date: 08 August 2024

Publish Date: 15 September 2024

تحول دیجیتال در دهه اخیر به عنوان یک ضرورت استراتژیک برای بقا و رقابت پذیری سازمان ها مطرح شده و به ویژه در صنایع پیچیده و سرمایه بر مانند پتروشیمی، نقش کلیدی در بازآفرینی زنجیره ارزش و ایجاد مزیت رقابتی پایدار دارد (Mergel et al., 2019). دیجیتال سازی با بازتعریف فرآیندها، مدل های کسب و کار و ساختارهای حاکمیتی، امکان پاسخ گویی سریع به تغییرات محیطی، ارتقای بهره وری و افزایش کیفیت تصمیم گیری را فراهم می کند (Verhoef et al., 2021). صنعت پتروشیمی ایران با وجود برخورداری از ظرفیت های عظیم منابع هیدروکربنی و زیرساخت های تولیدی گسترده، در سال های اخیر به دلیل چالش های ناشی از تحریم های اقتصادی، نوسانات قیمت نفت و تغییرات فناوری های جهانی نیازمند بازنگری جدی در استراتژی های خود برای همسویی با تحولات دیجیتال است (Rezaiyan & Firoozbakht, 2022).

در این چارچوب، پژوهشگران تأکید دارند که تحول دیجیتال نه تنها در بعد تکنولوژیک بلکه در سطح کلان استراتژی، فرهنگ سازمانی و ساختار منابع انسانی اهمیت می یابد (Nguyen, 2021). موفقیت در این فرایند مستلزم شناسایی دقیق پیشران های کلیدی، تدوین سناریوهای آینده پژوهانه و تطبیق راهبردهای سازمانی با ظرفیت های فناوری نوین است (Nasiri et al., 2020). به ویژه در صنعت پتروشیمی، که فرآیندهای تولیدی و زنجیره تأمین آن بسیار پیچیده و به سرمایه گذاری های سنگین وابسته است، گذار به دیجیتال می تواند با کاهش ریسک های عملیاتی، ارتقای شفافیت و بهره برداری بهتر از داده های کلان همراه شود (Qi et al., 2020).

دیجیتال سازی در صنایع انرژی و پتروشیمی بر پایه فناوری های نوینی همچون اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، تحلیل کلان داده و رایانش ابری بنا شده است (Lin et al., 2020). این فناوری ها با فراهم آوردن امکان نظارت بلادرنگ بر عملیات صنعتی، پیش بینی رفتار تجهیزات و بهینه سازی مصرف انرژی، موجب کاهش هزینه ها و افزایش قابلیت اطمینان می شوند (Hu et al., 2020). در مطالعات اخیر، توسعه بسترهای دیجیتال در کنار ابزارهای شبیه سازی و تست بد ۴۰۰ به عنوان ابزاری حیاتی برای مدیریت فرآیندهای پیچیده و آموزش نیروی انسانی معرفی شده است (Kliment et al., 2021). این نوآوری ها امکان آزمون و بهبود فرایندهای صنعتی را پیش از پیاده سازی در محیط واقعی فراهم می سازند و ریسک تغییرات فناورانه را کاهش می دهند (Agarwal & Chua, 2020).

همچنین، سازمان های پیشرو در جهان با ایجاد معماری های فناوری منعطف و چابک توانسته اند همزمان چندین برنامه تحول دیجیتال را مدیریت کنند و به «دوستوانی هیبریدی» دست یابند که ترکیبی از بهره وری عملیاتی و نوآوری است (Jöhnk et al., 2023). چنین رویکردی برای صنعت پتروشیمی ایران که هم با فشارهای هزینه ای و هم با نیاز به نوآوری رقابتی مواجه است، اهمیت مضاعف دارد (Roohparvar & Ebrahimi, 2022).

مدیریت استراتژیک عصر دیجیتال به ادغام کامل فناوری های نوین در ساختار و فرایندهای سازمانی وابسته است. رویکردهای جدید مدیریت سرمایه انسانی در این فضا، نیازمند بازطراحی نقش ها، مهارت ها و فرهنگ دیجیتال محور هستند (Fathi Moghadam et al., 2022). در همین راستا، توسعه قابلیت های دیجیتال کارکنان و ارتقای ظرفیت های یادگیری سازمانی به عنوان یکی از الزامات موفقیت در دیجیتال سازی صنایع سنگین از جمله پتروشیمی مطرح می شود (Vaio et al., 2021). افزون بر این، نظام های اندازه گیری عملکرد دیجیتال می توانند به عنوان یک حلقه واسط میان قابلیت های فناورانه و بهبود عملکرد مالی ایفای نقش کنند (Nasiri et al., 2020).

از سوی دیگر، مدل های حاکمیتی و مقرراتی نیز در تسریع یا کند شدن فرایند دیجیتال سازی تأثیر بسزایی دارند. مطالعات نشان می دهد عدم وجود چارچوب های حقوقی شفاف و استانداردهای فنی، مانعی مهم در مسیر پیاده سازی فناوری های نوین است (Anisi & Chavoshi, 2022). در صنعت نفت و گاز ایران، طراحی مدل های مفهومی برای تحول دیجیتال و رفع موانع ساختاری می تواند به ایجاد انسجام در اقدامات فناورانه کمک کند (Rezaiyan & Firoozbakht, 2022).

تحول دیجیتال در صنایع انرژی نه تنها ابزاری برای افزایش کارایی و کاهش هزینه‌هاست بلکه مسیری برای توسعه پایدار و پاسخ به فشارهای زیست‌محیطی و اجتماعی به شمار می‌رود (Espina-Romero et al., 2024). شرکت‌های پتروشیمی با بهره‌گیری از ابزارهای دیجیتال می‌توانند ردپای کربن خود را کاهش دهند، ایمنی محیط کار را ارتقا دهند و شفافیت ارتباط با ذی‌نفعان را افزایش دهند (Krimi et al., 2025). این تغییرات هم‌راستا با روندهای جهانی و تقاضای بازارهای بین‌المللی برای تولید پایدار و مسئولانه است (Odili, 2024). همچنین، استفاده از هوش مصنوعی در توسعه میادین نفت و گاز و فرایندهای تولیدی می‌تواند کیفیت تصمیم‌گیری و مدیریت منابع را به‌طور چشمگیری بهبود بخشد (Wang, 2024).

در کنار این موارد، دیجیتال‌سازی امکان نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار و بازتعریف نقش سازمان در زنجیره ارزش جهانی را فراهم می‌کند (Shankar & Shepherd, 2019). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تحول دیجیتال نه تنها منجر به افزایش چابکی سازمانی می‌شود بلکه امکان ایجاد مدل‌های درآمدی جدید و ورود به بازارهای نو را نیز فراهم می‌آورد (Alizadeh et al., 2024). این رویکرد برای صنعت پتروشیمی ایران، که نیازمند بازسازی جایگاه خود در بازارهای جهانی است، می‌تواند تحولی اساسی باشد (Esmaeili et al., 2025). با توجه به پیچیدگی و عدم قطعیت محیطی، به‌ویژه در فضای ژئوپلیتیک و اقتصادی ایران، تدوین سناریوهای استراتژیک برای هدایت فرایند دیجیتال‌سازی اهمیت ویژه دارد (Jin et al., 2020). رویکرد آینده‌پژوهی با شناسایی پیشران‌های کلیدی و بررسی تعاملات آن‌ها، به مدیران کمک می‌کند تا گزینه‌های مختلف استراتژیک را ارزیابی و در برابر تغییرات غیرمنتظره واکنش مناسب نشان دهند (Savić, 2020). تجربه شرکت‌های بین‌المللی در طراحی مسیرهای متنوع دیجیتال‌سازی نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های پویای سیاست‌گذاری و همسوسازی استراتژی‌ها با تحولات فناورانه می‌تواند ریسک‌های سرمایه‌گذاری و تغییرات محیطی را کاهش دهد (Agarwal & Chua, 2020). در ایران نیز، استفاده از روش‌های پویا مانند مدل‌سازی سیستمی و تحلیل ساختاری می‌تواند چارچوبی علمی برای انتخاب مسیرهای تحول دیجیتال و هم‌راستایی استراتژی‌های سازمانی فراهم کند (Esmaeili et al., 2025). چنین چارچوب‌هایی نه تنها به مدیران در تصمیم‌گیری دقیق کمک می‌کند بلکه زمینه‌ساز بهینه‌سازی منابع، افزایش نوآوری و تقویت رقابت‌پذیری در بازارهای بین‌المللی خواهد شد (Nasiri et al., 2020).

با توجه به فشارهای محیطی، الزامات پایداری و پیچیدگی فناوری، صنعت پتروشیمی ایران برای حفظ جایگاه خود در بازارهای جهانی ناگزیر از توسعه مدل‌های جامع تحول دیجیتال و همسوسازی استراتژی‌های سازمانی با این تحولات است. مطالعات گذشته نشان می‌دهند که هم‌راستایی مؤثر میان زیرساخت‌های فناورانه، فرهنگ سازمانی، منابع انسانی و چارچوب‌های حاکمیتی، زمینه‌ساز موفقیت در دیجیتال‌سازی صنایع سنگین است (Vaio et al., 2021; Verhoef et al., 2021). این پژوهش در همین راستا با هدف شناسایی پیشران‌های کلیدی و تدوین سناریوهای استراتژیک برای هدایت تحولات دیجیتال در صنعت پتروشیمی ایران طراحی شده است.

روش‌شناسی

در این بخش، به شرح روش‌های مورد استفاده در این تحقیق برای نمونه‌گیری، جمع‌آوری داده‌ها، تأیید روایی و پایایی پرسشنامه، و روش‌های تجزیه و تحلیل آماری پرداخته خواهد شد. جامعه آماری این تحقیق شامل ۴۰۰ نفر از افراد شاغل در صنعت پتروشیمی است که به‌طور تصادفی انتخاب شده‌اند. برای جمع‌آوری داده‌ها، پرسشنامه‌هایی بین این افراد توزیع می‌شود. به دلیل احتمال عدم تکمیل کامل پرسشنامه‌ها، تعداد توزیع پرسشنامه‌ها به ۴۱۵ نفر افزایش یافته است. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران محاسبه شده است تا خطای نمونه‌گیری کاهش یابد و دقت نتایج افزایش یابد برای انتخاب نمونه، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شده است. این روش به‌منظور انتخاب افراد به‌صورت تصادفی از جامعه آماری به کار رفته تا همه افراد جامعه شانس یکسانی برای انتخاب داشته باشند. بعلاوه تحلیل میک‌مک برای شناسایی مولفه‌های کلیدی تأثیرگذار بر تحولات دیجیتال در صنعت پتروشیمی به کار رفته است. در این روش، متغیرهای مختلف بر اساس

تأثیرگذاری و تأثیرپذیری‌شان در یک ماتریس طبقه‌بندی می‌شوند. این ماتریس به‌منظور شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و شناسایی روابط متقابل متغیرها طراحی شده است.

یافته‌ها

برای شناسایی مولفه‌های کلیدی برای استخراج سناریوهای سازگار از روش تحلیل میک مک استفاده می‌شود. از فرآیندهای مهم در سناریو نویسی در آینده پژوهشی، شناسایی مولفه‌های کلیدی تأثیرگذار بر آینده است. از میان ۲۰ پیشران بررسی‌شده در این تحقیق، ۴ پیشران کلیدی مؤثر بر انتخاب شده است. بیشترین پیشران‌های کلیدی مؤثر شناسایی شده در رابطه با آینده شناسایی شده است، این پیشران‌ها مؤثرترین و در عین حال کلیدی‌ترین پیشران‌های سیستم محسوب می‌شوند (جدول ۱).

جدول ۱: میزان تأثیرات مستقیم عوامل بر یکدیگر

Indirect dependence	Label	Indirect influence	Label	Direct dependence	Label	Direct influence	Label	Rank
۵۶۱	C۱۱	۶۰۴	C۹	۵۶۸	C۳	۵۶۸	C۹	۱
۵۴۸	C۳	۵۷۸	C۷	۵۶۸	C۱۱	۵۵۳	C۷	۲
۵۱۸	C۱۳	۵۴۹	C۱۰	۵۱۰	C۴	۵۲۴	C۱	۳
۵۰۷	C۴	۵۴۷	C۱	۵۱۰	C۱۳	۵۲۴	C۲	۴
۴۹۸	C۶	۵۳۴	C۲	۴۹۵	C۵	۵۲۴	C۵	۵
۴۹۱	C۵	۵۲۱	C۵	۴۹۵	C۶	۵۱۰	C۳	۶
۴۸۷	C۱۴	۴۹۲	C۸	۴۹۵	C۱۴	۵۱۰	C۱۰	۷
۴۷۹	C۲	۴۸۶	C۳	۴۸۱	C۲	۴۸۱	C۸	۸
۴۷۵	C۱۲	۴۴۸	C۱۱	۴۸۱	C۱۵	۴۶۶	C۱۸	۹
۴۷۳	C۱۶	۴۳۳	C۱۸	۴۶۶	C۱	۴۵۱	C۱۳	۱۰
۴۶۹	C۱۵	۴۲۹	C۱۳	۴۶۶	C۱۶	۴۳۷	C۱۱	۱۱
۴۵۶	C۱	۴۱۴	C۱۵	۴۶۶	C۲۱	۴۳۷	C۱۵	۱۲
۴۴۹	C۱۷	۴۱۱	C۱۶	۴۵۱	C۱۷	۴۲۲	C۱۹	۱۳
۴۰۲	C۸	۴۰۰	C۱۹	۴۲۲	C۸	۴۰۸	C۱۶	۱۴
۳۹۷	C۱۸	۳۷۴	C۱۲	۳۹۳	C۲۲	۳۶۴	C۴	۱۵
۳۹۱	C۷	۳۷۱	C۴	۳۷۹	C۱۰	۳۶۴	C۶	۱۶
۳۴۳	C۹	۳۶۸	C۶	۳۴۹	C۹	۳۴۹	C۱۲	۱۷
۳۲۸	C۱۹	۳۲۳	C۱۴	۳۲۰	C۱۹	۳۳۵	C۲۰	۱۸
۳۲۳	C۱۰	۳۱۹	C۱۷	۳۲۰	C۷	۳۲۰	C۱۴	۱۹
۳۱۲	C۲۰	۳۱۳	C۲۰	۳۰۶	C۲۰	۳۲۰	C۱۷	۲۰

در مرحله بعد براساس ۴ معیار و ۱۲ زیرمعیار به شناسایی سناریوی مناسب براساس تحلیل نرم افزار سناریو ویزارد پرداخته می‌شود. ابتدا ماتریس ساختار متقاطع تشکیل می‌شود. ماتریس CIB برای استخراج نظر خبرگان در مورد اثر احتمال وقوع یک حالت از یک توصیف گر بر روی حالتی از توصیف گر دیگر در قالب عبارت های کلامی مورد استفاده قرار می گیرد.

Selection:	x				x				x				x			
Balance:	-5	-4	5		-6	-6	-1		1	3	0		0	-2	-2	
A:																
A1					-3	-3	-3		-1	0	0		-2	-1	-2	
A2					-2	-2	-2		0	0	0		-1	-1	-2	
A3					0	1	0		2	1	-2		2	0	1	
B:																
B1	-2	-2	1						-1	0	0		-1	-2	-2	
B2	-3	-2	1						-1	-1	0		-2	-2	-1	
B3	-2	-2	0						-1	-1	0		1	1	0	
D:																
D1	-1	0	2		-1	-1	1						3	1	2	
D2	-1	-1	2		-1	-1	2						2	1	2	
D3	0	0	-1		0	0	0						0	0	1	
E:																
E1	-2	-2	2		-2	-2	1		3	3	0					
E2	-1	-1	1		-2	-2	1		1	1	0					
E3	-3	-2	2		-2	2	1		1	2	1					

شکل ۴: ماتریس متعادل شده

در نهایت با توجه به اهمیت هر ۱۲ مولفه، ۳ سناریو در نرم افزار سناریوویزارد شناسایی شد.

Scenario No. 1	Scenario No. 2	Scenario No. 3
A: A3	A: A1	A: A3
B: B3	B: B2	B: B3
D: D1	D: D3	D: D2
E: E1	E: E2	E: E3

شکل ۵: سناریوهای شناسایی شده

سناریوی شماره ۱:

سازگاری: ۱

تاثیرگذاری: ۲۳

شامل مولفه‌های

شرایط سیاسی+عوامل حاکمیتی+نقش توسعه‌ای+تامین مالی

A: A3

B: B3

D: D1

E: E1

در شرایطی که تحولات سیاسی و اقتصادی جهانی بر صنعت پتروشیمی ایران تأثیرگذار است، توجه به شرایط سیاسی حاکم بر کشور بسیار مهم است. با تحریم‌های بین‌المللی و نوسانات نرخ ارز، شرکت‌های پتروشیمی ایران باید استراتژی‌های خود را به گونه‌ای طراحی کنند که بتوانند در برابر تغییرات سیاسی مقاومت کنند. استفاده از فناوری‌های دیجیتال می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا بتوانند به سرعت و با دقت اطلاعات بازار را تجزیه و تحلیل کنند و تصمیمات بهتری بگیرند. در این سناریو، همکاری نزدیک با دولت و سازمان‌های مربوطه برای تسهیل فرآیندهای قانونی و کاهش موانع تجاری نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

حاکمیت نقش بسیار مهمی در توسعه و پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال در صنعت پتروشیمی دارد. دولت می‌تواند با وضع قوانین و مقررات مناسب و ارائه مشوق‌های مالیاتی، شرکت‌ها را به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین تشویق کند. همچنین، توسعه زیرساخت‌های ارتباطی و اینترنت پرسرعت در مناطق صنعتی کشور می‌تواند به تسریع فرآیند دیجیتال‌سازی کمک کند. در این سناریو، همکاری بین بخش خصوصی و دولتی برای توسعه برنامه‌های آموزشی و تحقیقاتی نیز مورد توجه قرار می‌گیرد تا نیروی کار ماهر و متخصص در حوزه دیجیتال تربیت شود و بتواند نیازهای صنعت پتروشیمی را برطرف کند.

یکی از چالش‌های اصلی برای همسوسازی استراتژی‌های سازمانی با تحولات دیجیتال در صنعت پتروشیمی، تأمین منابع مالی لازم برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید است. شرکت‌ها می‌توانند از طریق همکاری با بانک‌ها و مؤسسات مالی، تسهیلات و وام‌های مورد نیاز را دریافت کنند. همچنین، جذب سرمایه‌گذاری خارجی و ایجاد مشارکت‌های استراتژیک با شرکت‌های بین‌المللی می‌تواند به تأمین منابع مالی و انتقال فناوری‌های پیشرفته کمک کند. در این سناریو، استفاده از ابزارهای مالی نوین مانند انتشار اوراق قرضه و تأمین مالی جمعی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد تا شرکت‌ها بتوانند به طور مستمر در جهت دیجیتال‌سازی حرکت کنند و با تحولات جهانی همگام شوند.

سناریوی شماره ۲:

سازگاری: ۱

تأثیرگذاری: ۱۶

شامل مولفه های

اجرائی + بازار + ویژگی‌ها و پتانسیل نسل جدید + محیط صنعت

A: A1

B: B2

D: D3

E: E2

برای موفقیت در اجرای تحولات دیجیتال در صنعت پتروشیمی، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت موثر پروژه‌ها است. شرکت‌های پتروشیمی باید تیم‌های چند رشته‌ای تشکیل دهند که شامل تخصص‌های فناوری اطلاعات، مهندسی شیمی، مدیریت پروژه و تحلیل داده‌ها باشد. این تیم‌ها باید با استفاده از ابزارهای دیجیتال مانند سیستم‌های مدیریت پروژه و نرم‌افزارهای همکاری آنلاین، فرآیندهای اجرایی را بهینه‌سازی کنند. همچنین، استفاده از فناوری‌های نوینی مانند اینترنت اشیا (IoT) و هوش مصنوعی (AI) می‌تواند به بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیاتی کمک کند. در این سناریو، پیاده‌سازی یک فرهنگ سازمانی مبتنی بر نوآوری و بهبود مستمر نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا کارکنان بتوانند با تغییرات سریع و پیچیده محیطی سازگار شوند.

در بازار رقابتی صنعت پتروشیمی، استفاده از تحولات دیجیتال می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا به نیازهای مشتریان بهتر پاسخ دهند و جایگاه رقابتی خود را بهبود بخشند. با تحلیل داده‌های بزرگ (Big Data) و استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته، شرکت‌ها می‌توانند رفتار مشتریان را پیش‌بینی کرده و محصولات و خدمات خود را بهینه کنند. همچنین، فناوری‌های دیجیتال می‌توانند به شرکت‌ها کمک کنند تا

زنجیره تأمین خود را بهبود بخشیده و فرآیندهای لجستیکی را کارآمدتر کنند. در این سناریو، شرکت‌ها باید با استفاده از پلتفرم‌های دیجیتال، ارتباطات خود با مشتریان و تأمین‌کنندگان را تقویت کرده و تجربه کاربری بهتری ارائه دهند.

نسل جدید کارکنان دارای ویژگی‌ها و پتانسیل‌های منحصربه‌فردی هستند که می‌تواند به تسریع تحولات دیجیتال کمک کند. این نسل دارای دانش بالادر زمینه فناوری‌های نوین و توانایی استفاده از ابزارهای دیجیتال است. در این سناریو، شرکت‌های پتروشیمی باید برنامه‌های آموزشی و توسعه حرفه‌ای متنوعی را برای کارکنان خود فراهم کنند تا بتوانند مهارت‌های دیجیتالی خود را به روز کنند. علاوه بر این، محیط صنعت پتروشیمی نیز باید با تغییرات دیجیتال هماهنگ شود و زیرساخت‌های لازم برای پیاده‌سازی فناوری‌های جدید فراهم گردد. این شامل توسعه شبکه‌های ارتباطی پیشرفته، ایجاد مراکز تحقیق و توسعه (R&D) و همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی برای نوآوری در محصولات و فرآیندها است. در این سناریو، همسوسازی استراتژی‌های سازمانی با تحولات دیجیتال نیازمند یک رویکرد چندجانبه و هماهنگ بین بخش‌های مختلف صنعت است.

سناریوی شماره ۳:

سازگاری: ۱

تأثیرگذاری: ۲۰

شامل مولفه‌های

شرایط سیاسی+عوامل حاکمیتی+بهبود کیفیت زندگی+محیط عمومی

A: A^۳

B: B^۳

D: D^۲

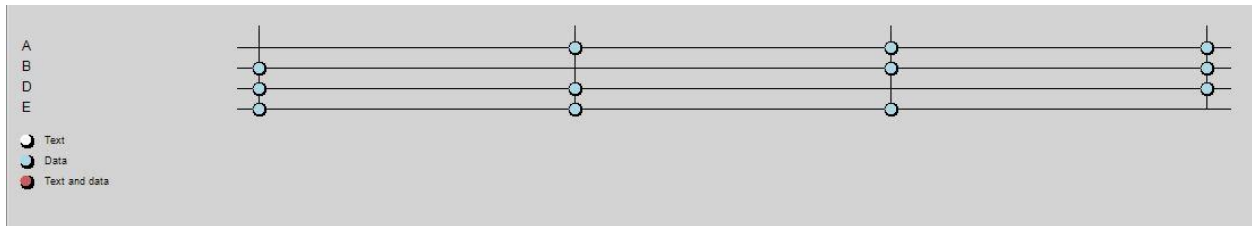
E: E^۳

تحولات سیاسی داخلی و بین‌المللی تأثیر مستقیمی بر صنعت پتروشیمی دارند. در شرایطی که تحریم‌ها و نوسانات سیاسی منطقه‌ای فشارهای قابل توجهی بر این صنعت وارد می‌کند، استفاده از فناوری‌های دیجیتال می‌تواند به شرکت‌های پتروشیمی کمک کند تا با افزایش شفافیت و کارایی، ریسک‌های سیاسی را مدیریت کنند. در این سناریو، شرکت‌های پتروشیمی باید با دولت و نهادهای بین‌المللی همکاری نزدیکی داشته باشند تا بتوانند از فرصت‌های ایجاد شده توسط تغییرات سیاسی به نفع خود استفاده کنند. به عنوان مثال، ایجاد یک سیستم دیجیتال پیشرفته برای نظارت و گزارش‌دهی می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا به طور مداوم با تغییرات قوانین و مقررات تطابق داشته باشند و در نتیجه، از برخوردهای قانونی جلوگیری کنند.

حاکمیت می‌تواند نقش کلیدی در تسهیل فرآیند دیجیتال‌سازی در صنعت پتروشیمی ایفا کند. با وضع قوانین و مقررات حمایتی و ارائه مشوق‌های مالی، دولت می‌تواند شرکت‌ها را به استفاده از فناوری‌های نوین تشویق کند. این امر نه تنها به بهبود عملکرد و بهره‌وری شرکت‌ها کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی کارکنان و جامعه محلی نیز منجر شود. در این سناریو، استفاده از فناوری‌های دیجیتال مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا می‌تواند به بهبود شرایط کاری و افزایش ایمنی در محیط‌های صنعتی کمک کند. همچنین، ایجاد فرصت‌های آموزشی و توسعه حرفه‌ای برای کارکنان می‌تواند به افزایش رضایت شغلی و بهبود کیفیت زندگی آنان کمک کند.

تحولات دیجیتال نه تنها در داخل سازمان‌ها بلکه در محیط عمومی نیز تأثیرگذار است. در این سناریو، استفاده از فناوری‌های دیجیتال می‌تواند به بهبود تعاملات و ارتباطات بین شرکت‌های پتروشیمی و جامعه عمومی کمک کند. به عنوان مثال، شرکت‌ها می‌توانند از پلتفرم‌های دیجیتال برای اطلاع‌رسانی به جامعه در مورد پروژه‌ها و ابتکارات زیست محیطی خود استفاده کنند و اعتماد عمومی را افزایش دهند. همچنین، استفاده از داده‌ها و تحلیل‌های پیشرفته می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا نیازها و انتظارات جامعه را بهتر درک کرده و به آن‌ها پاسخ دهند. در نهایت،

همسوسازی استراتژی‌های سازمانی با تحولات دیجیتال در صنعت پتروشیمی می‌تواند به ایجاد یک محیط عمومی پایداری و قابل اعتمادتر منجر شود که در آن تمامی ذینفعان از مزایای این تحولات بهره‌مند شوند. بعد از این مرحله داده‌ها مجدداً چک شدند. نتیجه در شکل زیر مشخص شده است:



شکل ۶: بازبینی و بررسی صحت سناریوهای پیشنهادی

براساس بررسی وضعیت تحلیل، سه سناریو پیشنهاد و مورد تأیید قرار گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تحول دیجیتال در صنعت پتروشیمی ایران با مجموعه‌ای از پیشران‌های کلیدی هدایت می‌شود که می‌توانند مسیر استراتژی‌های سازمانی را تعیین کنند. از میان ۲۰ پیشران شناسایی شده، چهار پیشران اصلی با بیشترین تأثیرگذاری و وابستگی استخراج شد که پایه طراحی سه سناریوی استراتژیک متفاوت قرار گرفت. این یافته تأکید می‌کند که دیجیتال‌سازی در صنایع سرمایه‌بر و پیچیده مانند پتروشیمی صرفاً یک فرایند فناورانه نیست، بلکه نیازمند نگرشی سیستماتیک و یکپارچه به سیاست‌گذاری، سرمایه انسانی، زیرساخت‌های فناورانه و شرایط محیطی است (Mergel et al., 2019; Verhoef et al., 2021).

سناریوی اول پژوهش که بر سازگاری با تحولات سیاسی و اقتصادی و تأمین مالی نوآورانه تأکید داشت، با یافته‌های تحقیقات پیشین در حوزه دیجیتال‌سازی صنایع نفت و گاز هم‌راستا است. بسیاری از پژوهش‌ها اشاره کرده‌اند که فشارهای ناشی از تحریم‌های بین‌المللی، نوسانات ارزی و تغییرات سریع بازار جهانی موجب می‌شود شرکت‌های ایرانی در پی راهکارهای فناورانه برای کاهش ریسک و افزایش انعطاف‌پذیری باشند (Rezaiyan & Firoozbakht, 2022). استفاده از مدل‌های تأمین مالی نوین مانند اوراق دیجیتال، سرمایه‌گذاری‌های مشترک و مشارکت‌های استراتژیک با شرکت‌های فناوری، از رویکردهای پیشنهادشده در مطالعات اخیر است که می‌تواند بنیه مالی و توانایی نوآوری شرکت‌ها را تقویت کند (Agarwal & Chua, 2020; Krimi et al., 2025). همچنین، ادبیات نشان می‌دهد که ادغام ابزارهای مالی نوین با سیستم‌های دیجیتال می‌تواند به شفافیت و کاهش هزینه‌ها کمک کند و ریسک سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید را کاهش دهد (Hu et al., 2020).

سناریوی دوم که بر بهبود فرآیندهای اجرایی، توسعه مهارت‌های دیجیتال و ارتقای بهره‌وری تمرکز داشت، با مطالعات جهانی در زمینه الزامات عملیاتی تحول دیجیتال هم‌خوانی دارد. بسیاری از شرکت‌های پتروشیمی موفق در دنیا با ایجاد تیم‌های میان‌رشته‌ای متشکل از متخصصان فناوری اطلاعات، مهندسی فرآیند و مدیریت پروژه توانسته‌اند فرآیندهای اجرایی خود را بازطراحی کرده و هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهند (Jöhnket al., 2023). همچنین یافته‌های این تحقیق که تأکید دارد فرهنگ سازمانی مبتنی بر نوآوری و بهبود مستمر نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت پروژه‌های دیجیتال دارد، با مطالعاتی هم‌راستا است که نشان داده‌اند فرهنگ مقاومت‌ناپذیر در برابر تغییر و مهارت‌های دیجیتال کارکنان می‌تواند سرعت و کیفیت پیاده‌سازی فناوری‌های نوین را افزایش دهد (Fathi Moghadam et al., 2022; Nguyen, 2021). به علاوه، ایجاد زیرساخت‌های فناورانه انعطاف‌پذیر و سیستم‌های اندازه‌گیری عملکرد دیجیتال به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با رصد مداوم داده‌ها، کیفیت تصمیم‌گیری و نوآوری را ارتقا دهند (Nasiri et al., 2020; Vaio et al., 2021).

سناریوی سوم پژوهش که بر بهبود کیفیت زندگی کارکنان، ایمنی و تعاملات با جامعه تأکید داشت، بعد اجتماعی و انسانی تحول دیجیتال را برجسته می‌کند. مطالعات نشان می‌دهند که دیجیتال‌سازی نه تنها بر بهره‌وری و هزینه‌ها تأثیر دارد بلکه بر شاخص‌های پایداری سازمانی و رفاه نیروی انسانی نیز اثرگذار است (Espina-Romero et al., 2024). به کارگیری فناوری‌های دیجیتال برای ارتقای ایمنی محیط کار، مدیریت ریسک‌های زیست‌محیطی و افزایش شفافیت ارتباطات سازمان با جامعه، از جمله محورهایی است که در تحقیقات اخیر به عنوان محرک‌های اعتماد و پذیرش اجتماعی تحول دیجیتال معرفی شده است (Krimi et al., 2025; Odili, 2024). همچنین، گسترش پلتفرم‌های اطلاع‌رسانی دیجیتال می‌تواند به شرکت‌های پتروشیمی کمک کند تا در پاسخ به انتظارات اجتماعی و فشارهای محیطی انعطاف بیشتری نشان دهند و تصویر مثبت‌تری از مسئولیت‌پذیری سازمانی بسازند (Savić, 2020).

نتایج این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که همسوسازی استراتژی‌های سازمانی با تحولات دیجیتال، نیازمند درک پیچیدگی‌های سیستماتیک و مدیریت همزمان چندین ابتکار فناورانه است (Jöhnk et al., 2023). این امر با مفهوم «دوست‌خوانی هیبریدی» همخوانی دارد که بر حفظ تعادل بین بهره‌وری کوتاه‌مدت و نوآوری بلندمدت تأکید می‌کند. صنایع پتروشیمی برای دستیابی به چنین توانایی باید ضمن سرمایه‌گذاری در فناوری‌های دیجیتال، ساختارهای مدیریتی خود را بازطراحی و قابلیت‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را تقویت کنند (Shankar & Shepherd, 2019). همچنین، مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده و شبیه‌سازی سناریوهای محتمل می‌تواند ابزار راهبردی ارزشمندی برای مدیران در مواجهه با عدم قطعیت‌های ژئوپلیتیک و بازارهای ناپایدار باشد (Esmaeili et al., 2025; Jin et al., 2020). یافته‌ها همچنین بر نقش سیاست‌گذاری کلان و مقررات‌گذاری در تسهیل دیجیتال‌سازی تأکید دارند. نبود چارچوب‌های استاندارد و سیاست‌های حمایتی می‌تواند باعث کندی و ناهماهنگی در مسیر تحول دیجیتال شود (Anisi & Chavoshi, 2022; Roohparvar & Ebrahimi, 2022). همان‌گونه که پژوهش‌های بین‌المللی نیز نشان داده‌اند، دولت‌ها می‌توانند از طریق توسعه زیرساخت‌های ارتباطی، ارائه مشوق‌های مالیاتی و استانداردسازی فناوری‌ها زمینه تسريع دیجیتال‌سازی در صنایع انرژی را فراهم آورند (Wang, 2024). به همین دلیل، توجه به ابعاد حاکمیتی و قانونی در کنار توسعه فناوری، برای موفقیت برنامه‌های دیجیتال صنعت پتروشیمی ضروری است (Alizadeh et al., 2024).

به طور کلی، این تحقیق با ارائه مدلی چندلایه برای شناسایی پیشران‌های دیجیتال و تدوین سناریوهای استراتژیک، شکاف میان پژوهش و عمل در زمینه تحول دیجیتال صنایع سنگین را کاهش می‌دهد. نتایج به‌ویژه در بومی‌سازی مسیرهای دیجیتال‌سازی و طراحی برنامه‌های مقاوم در برابر عدم قطعیت‌های اقتصادی و سیاسی اهمیت دارد و می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری مدیران و سیاست‌گذاران صنعتی باشد. این پژوهش با وجود نتایج ارزشمند، محدودیت‌هایی نیز دارد. نخست، داده‌های کیفی از طریق مصاحبه با ۱۵ خبره جمع‌آوری شد و هرچند تلاش شد تنوع تخصصی و تجربی رعایت شود، اما ممکن است بازنمایی کامل دیدگاه‌های تمامی ذی‌نفعان صنعت پتروشیمی ایران صورت نگرفته باشد. دوم، نتایج تحلیل ساختاری و سناریونویسی بر مبنای شرایط کنونی صنعت و محیط اقتصادی و سیاسی زمان انجام تحقیق است؛ با توجه به پویایی بالای محیط جهانی و تغییرات سریع فناوری و سیاست، اعتبار این سناریوها در بازه‌های زمانی طولانی نیازمند بازنگری خواهد بود. سوم، استفاده از ابزارهای کمی مانند ماتریس میک‌مک و نرم‌افزار سناریوویزارد اگرچه رویکردی نظام‌مند فراهم می‌کند اما ممکن است پیچیدگی‌های واقعی و روابط غیرخطی میان پیشران‌ها را به‌طور کامل منعکس نکند.

پژوهش‌های آتی می‌توانند با گسترش دامنه نمونه‌گیری و درگیر کردن گروه‌های مختلف از جمله متخصصان فناوری اطلاعات، کارشناسان سیاست‌گذاری و نمایندگان نهادهای مالی، دیدگاه‌های متنوع‌تری را در مدل‌سازی دیجیتال‌سازی صنعت پتروشیمی لحاظ کنند. همچنین، استفاده از رویکردهای دینامیک پیشرفته مانند مدل‌سازی سیستمی و تحلیل شبکه پیچیده می‌تواند درک دقیق‌تری از تعاملات غیرخطی و اثرات متقابل میان پیشران‌ها فراهم آورد. مطالعات تطبیقی میان صنعت پتروشیمی ایران و کشورهای پیشرو نیز می‌تواند الگوهای موفقیت در

شرایط تحریم و ناپایداری اقتصادی را شناسایی و بومی‌سازی کند. در نهایت، بررسی اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی دیجیتال‌سازی در کنار پیامدهای اقتصادی می‌تواند به تکمیل تصویر جامع‌تری از تحول دیجیتال کمک کند.

مدیران صنعت پتروشیمی باید یک رویکرد مرحله‌ای و اولویت‌بندی‌شده برای تحول دیجیتال طراحی کنند و در گام نخست بر شناسایی دقیق پیشران‌های کلیدی تمرکز داشته باشند. ایجاد کمیته‌های راهبری دیجیتال با حضور واحدهای فناوری، مالی و منابع انسانی می‌تواند انسجام تصمیم‌گیری و تخصیص بهینه منابع را تسهیل کند. همچنین، سرمایه‌گذاری در توسعه مهارت‌های دیجیتال کارکنان، ارتقای فرهنگ نوآوری و فراهم‌سازی زیرساخت‌های فناورانه مانند بسترهای داده‌محور و پلتفرم‌های همکاری آنلاین از اقدامات ضروری است. از سوی دیگر، تعامل فعال با دولت و نهادهای مقررات‌گذار برای دریافت حمایت‌های قانونی و مالی و شکل‌دهی استانداردهای مشترک می‌تواند مسیر تحول دیجیتال را تسریع کند و ریسک‌های ناشی از تغییرات محیطی را کاهش دهد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

موازن اخلاقی

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

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

Extended Abstract

Introduction

Digital transformation has emerged as a strategic imperative for organizations across industries, redefining the ways in which they create value, remain competitive, and achieve long-term sustainability (Mergel et al., 2019; Verhoef et al., 2021). In highly capital-intensive and complex sectors such as petrochemicals, digitalization enables firms to re-engineer operational processes, enhance data-driven decision-making, and integrate innovative technologies to improve competitiveness on a global scale (Nguyen, 2021; Vaio et al., 2021). The Iranian petrochemical industry, despite its robust production capacity and extensive hydrocarbon resources, faces significant challenges stemming from geopolitical volatility, international sanctions, and rapidly evolving technological landscapes (Anisi & Chavoshi, 2022; Rezaiyan & Firoozbakht, 2022). These

external pressures highlight the urgent need for a systematic and localized model to align organizational strategies with digital developments.

The global body of research underscores that digital transformation is not solely a technological upgrade but a multifaceted process requiring strategic integration, cultural adaptation, and the development of human capital (Nasiri et al., 2020; Nguyen, 2021). Successful digital adoption in energy and petrochemical sectors involves leveraging disruptive technologies such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Big Data analytics, and cloud computing to optimize production systems, reduce operational costs, and improve reliability (Hu et al., 2020; Lin et al., 2020). These technologies also support predictive maintenance, real-time monitoring, and advanced simulations that mitigate risk and increase system agility (Agarwal & Chua, 2020; Kliment et al., 2021).

However, managing multiple concurrent digital initiatives can create complexity and strategic misalignment if not guided by robust frameworks (Jöhnk et al., 2023). Companies in the petrochemical domain must achieve “hybrid ambidexterity,” balancing operational efficiency with long-term innovation while navigating uncertain political and economic contexts (Roohparvar & Ebrahimi, 2022; Shankar & Shepherd, 2019). Additionally, the lack of supportive governance structures and regulatory clarity in developing economies has been identified as a key barrier to successful digital transformation (Anisi & Chavoshi, 2022; Odili, 2024). These realities make scenario planning and foresight analysis essential to anticipate future dynamics, integrate multi-dimensional drivers, and prepare strategic pathways for digital development (Jin et al., 2020; Savić, 2020). Prior research also suggests that advancing digital maturity in the petrochemical industry contributes not only to efficiency and profitability but also to sustainability goals by enabling better environmental monitoring, reducing carbon emissions, and fostering social accountability (Espina-Romero et al., 2024; Krimi et al., 2025). Furthermore, innovative financing approaches, such as digital bonds, joint ventures, and public-private partnerships, can reduce the economic risks associated with technological investments while encouraging long-term competitiveness (Agarwal & Chua, 2020; Hu et al., 2020). Yet, few studies have proposed an integrated, context-specific model that identifies critical drivers and builds robust scenarios to guide Iranian petrochemical companies through digital transformation (Alizadeh et al., 2024; Esmaeili et al., 2025).

This study was therefore conducted to fill this gap by systematically identifying key drivers of digitalization in Iran’s petrochemical industry and developing future-oriented strategic scenarios. By integrating foresight methodologies with structural analysis, the research provides a practical roadmap for aligning organizational strategies with digital developments and enhancing resilience in a volatile and competitive global market.

Methods and Materials

This study adopted a mixed-method design combining qualitative and quantitative approaches to ensure a comprehensive understanding of digital transformation pathways. The qualitative phase involved an extensive review of upstream policy documents, industry reports, and strategic planning resources, complemented by semi-structured interviews with 15 experts in petrochemical management and digital strategy. Participants were selected purposively based on their professional experience and deep knowledge of the industry. The interviews continued until theoretical saturation was reached, and qualitative data were analyzed using thematic analysis based on the Atride–Sterling model. Analytical rigor was ensured through expert validation of interview questions and the use of Krippendorff’s alpha to confirm coding reliability.

For the quantitative phase, a sample of 400 employees from different operational and strategic departments of the Iranian petrochemical sector was selected through simple random sampling. Data collection was conducted using a researcher-developed questionnaire validated by domain experts. The MICMAC (Matrice d’Impacts Croisés Multiplication Appliquée à un Classement) method was applied to map direct and indirect influence/dependence relationships among drivers and classify them according to their systemic impact.

Scenario Wizard software was then employed to synthesize cross-impact analysis and generate coherent, internally consistent strategic scenarios for digital transformation.

Findings

The analysis identified 20 drivers influencing digitalization in the Iranian petrochemical industry. MICMAC classification revealed four high-leverage drivers with the strongest influence and interdependence: (1) political and governance conditions; (2) innovative financing capacity; (3) organizational and operational readiness; and (4) workforce digital skills and generational potential. These core drivers formed the foundation for constructing three distinct, internally coherent scenarios.

The first scenario focused on political and economic adaptation and innovative financing. It emphasized the need to design resilient strategies capable of mitigating geopolitical risk and economic volatility through advanced digital technologies and agile decision-making frameworks. This scenario also highlighted mechanisms such as strategic alliances, foreign investment partnerships, and the use of innovative financing tools (e.g., digital bonds and crowd-based capital) to support continuous digital upgrading.

The second scenario emphasized operational excellence and workforce digital empowerment. It proposed forming multidisciplinary teams integrating IT specialists, chemical engineers, and data analysts to drive process reengineering, cost optimization, and productivity enhancement. This pathway required fostering a culture of continuous improvement and innovation, along with significant investment in employee training to upgrade digital competencies and improve technology adoption across organizational levels.

The third scenario addressed employee well-being, safety, and social engagement. It integrated digital technologies to improve workplace safety, monitor environmental impact, and enhance transparent communication with stakeholders and communities. Through advanced data analytics and interactive digital platforms, companies could improve their public image, respond effectively to societal expectations, and increase employee satisfaction and retention.

These three scenarios collectively provided a comprehensive strategic roadmap tailored to Iran's petrochemical context, balancing technological advancement with socio-political realities and long-term sustainability imperatives.

Discussion and Conclusion

The results confirm that digital transformation in the petrochemical industry is a deeply systemic process driven by interconnected technological, organizational, financial, and environmental forces (Nasiri et al., 2020; Verhoef et al., 2021). The identification of four key drivers echoes earlier findings that successful digitalization requires an integrated perspective combining governance readiness, resource mobilization, workforce capability, and market adaptability (Nguyen, 2021; Rezaiyan & Firoozbakht, 2022). The first scenario's emphasis on financial innovation aligns with global studies highlighting the importance of resilient investment strategies and diversified funding models to sustain digital initiatives under volatile economic conditions (Agarwal & Chua, 2020; Hu et al., 2020).

The operationally focused second scenario is strongly supported by research on digital capability building and hybrid ambidexterity (Jöhnk et al., 2023). By reengineering workflows and empowering employees with digital competencies, petrochemical firms can simultaneously reduce costs and unlock new innovation capacity (Fathi Moghadam et al., 2022; Vaio et al., 2021). Similarly, integrating robust performance measurement systems facilitates data-driven decision-making and links digital investment to measurable business outcomes (Nasiri et al., 2020).

The third scenario underscores the social and sustainability dimensions of digital transformation, reflecting the global movement toward socially responsible and environmentally conscious industrial operations (Espina-Romero et al., 2024; Krimi et al., 2025). Prior work shows that digital tools can enhance occupational safety, environmental transparency, and stakeholder trust, all of which are increasingly tied to global competitiveness

and market access (Odili, 2024; Savić, 2020). These findings reinforce the notion that digitalization is not only an operational efficiency strategy but also a lever for corporate legitimacy and sustainable development (Alizadeh et al., 2024).

Overall, this study provides a strategic framework for guiding Iran's petrochemical sector through digital transformation by integrating foresight methodologies and systemic analysis. The scenarios generated offer actionable pathways to overcome political and economic volatility, build robust operational capabilities, and achieve social and environmental sustainability. For managers and policymakers, the results highlight the need for adaptive governance, investment in human capital, and innovative financing mechanisms to ensure resilient and future-ready digitalization. By aligning organizational strategies with the identified drivers and proposed scenarios, the Iranian petrochemical industry can enhance its competitiveness, reduce vulnerability to global uncertainties, and contribute to sustainable industrial advancement (Esmaeili et al., 2025; Jin et al., 2020; Shankar & Shepherd, 2019).

References

- Agarwal, S., & Chua, Y. H. (2020). FinTech and Household Finance: A Review of the Empirical Literature. *China Finance Review International*, 10, 361-376. <https://doi.org/10.1108/CFRI-03-2020-0024>
- Alizadeh, H., Khorramabadi, M., Saberian, H., & Keramati, M. (2024). Qualitative Study to Propose Digital Marketing Based on Customer Experience: Considering Grounded Theory. *Business, Marketing, and Finance Open*, 1(6), 86-98. <https://doi.org/10.61838/bmfopen.1.6.8>
- Anisi, F., & Chavoshi, S. K. (2022). A Strategic Control Model for Implementing Digital Banking in the Banking System of Iran. *Quarterly Journal of Strategic Management Studies*, 13(50), 1-19. <https://doi.org/10.22034/smsj.2022.133676>
- Esmaeili, M., Movahhedi, M. M., & Motamedi, M. (2025). Modeling the Improvement of the Technology Transfer Process in Iran's Petro-Refining Industry Using a System Dynamics Approach. *Digital Transformation and Administration Innovation*, 3(3), 1-13. <https://www.journaldtai.com/index.php/jdtai/article/view/154>
- Espina-Romero, L., Parra, D. E. R., Hurtado, H. G., Rodriguez, E. P., Arias-Montoya, F., Sánchez, J. G. N., Talavera-Aguirre, R., Corzo, J. R., & Pírela, R. A. V. (2024). The Role of Digital Transformation and Digital Competencies in Organizational Sustainability: A Study of SMEs in Lima, Peru. *Sustainability*, 16(16), 6993. <https://doi.org/10.3390/su16166993>
- Fathi Moghadam, M., Mohammadi, Y., & Nafri, N. (2022). A Model for Aligning Human Resource Strategies with Organizational Strategies from a Dynamic Perspective (Case Study: Refah Bank). *Police Organizational Development Journal*, 4, 1. https://issk.sndu.ac.ir/article_1788.html
- Hu, X. Q., Han, S. W., & Weng, X. L. (2020). The Rectification Effect of Enterprise's Digital Development on the Inefficient Investment. *Humanities and Social Sciences Journal of Hainan University*, 1-11. https://e-tarjome.com/storage/panel/fileuploads/2022-11-23/1669186841_e-tarjome-e17290.pdf
- Jin, Y., Xu, M., Wang, W., & Xi, Y. (2020). Venture Capital Network and the M&A Performance of Listed Companies. *China Finance Review International*, 11, 92-123. <https://doi.org/10.1108/CFRI-02-2020-0016>
- Jöhnk, J., Ollig, P., & Rövekamp, P. (2023). Managing the Complexity of Digital Transformation: How Multiple Concurrent Initiatives Foster Hybrid Ambidexterity. *Electronic Markets*, 32, 547-569. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00510-2>
- Kliment, M., Pekarcikova, M., Trebuna, P., & Trebuna, M. (2021). Application of TestBed 4.0 Technology Within the Implementation of Industry 4.0 in Teaching Methods of Industrial Engineering as Well as Industrial Practice. *Sustainability*, 13, 8963. <https://doi.org/10.3390/su13168963>
- Krimi, I., Saikouk, T., Badraoui, I., & Bahou, Z. (2025). Enabling sustainable and resilient supply chain expansion through technological advancements: Corporate policy insights from the Gulf petrochemical industry. *Journal of Environmental Management*, 390, 126068. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126068>
- Lin, J., Li, L., Luo, X. R., & Benitez, J. (2020). How Do Agribusinesses Thrive Through Complexity? The Pivotal Role of E-Commerce Capability and Business Agility. *Decision Support Systems*, 135, Article 113342. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113342>
- Mergel, I., Edelman, N., & Haug, N. (2019). Defining Digital Transformation: Results from Expert Interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101385. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>
- Nasiri, M., Ukko, J., Saunila, M., Rantala, T., & Rantanen, H. (2020). Digital-Related Capabilities and Financial Performance: The Mediating Effect of Performance Measurement Systems. *Technology Analysis & Strategic Management*, 32(12), 1393-1406. <https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1772966>

- Nguyen, T. (2021). Strategy, Culture, Human Resource, IT Capability, Digital Transformation and Firm Performance: Evidence from Vietnamese Enterprises. <https://ieeca.org/journal/index.php/JEECAR/article/view/1709>
- Odili, P. O. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on Recruitment and Selection Processes in the Oil and Gas Industry: A Review. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(2), 612-638. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i2.836>
- Qi, H. J., Cao, X. Q., & Liu, Y. X. (2020). The Influence of Digital Economy on Corporate Governance: Analyzed from Information Asymmetry and Irrational Behavior Perspective. *Reform*, 50-64.
- Rezaiyan, A., & Firoozbakht, E. a.-D. (2022). Designing and Explaining a Conceptual Model for Digital Transformation of Project-Based Organizations in Iran's Oil and Gas Industry. *Management Research in Iran*, 26(4), 1-27. https://mri.modares.ac.ir/article_605.html
- Roohparvar, F., & Ebrahimi, F. (2022). A Brief Review of Digital Transformations and New Competitions in the Shape of Digital Transformations After COVID-19. <https://sid.ir/paper/900473/fa>
- Savić, D. (2020). Digital Transformation and Grey Literature Professionals. *Grey Journal*(February), 11-17. https://repozitar.techlib.cz/record/1431/files/Savic_fulltext.pdf
- Shankar, R. K., & Shepherd, D. A. (2019). Accelerating Strategic Fit or Venture Emergence: Different Paths Adopted by Corporate Accelerators. *Journal of Business Venturing*, 34(5), 105886. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2018.06.004>
- Vaio, A., Palladino, R., & Pezzi, A. (2021). The Role of Digital Innovation in Knowledge Management Systems: A Systematic Literature Review. *Journal of Business Research*, 123, 220-231. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.042>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital Transformation: A Multidisciplinary Reflection and Research Agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Wang, T. (2024). Current Status and Prospects of Artificial Intelligence Technology Application in Oil and Gas Field Development. *Acs Omega*. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c09229>