

# A Model for Developing Integrability in Complex Product and Systems (CoPS) Projects Based on Technology Learning

Elham Zarrehparvar Shoja<sup>1</sup>, Sepehr Ghazinoory<sup>2\*</sup>, Soroush Ghazinoori<sup>3</sup>

1. Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
  2. Professor, Department of Information Technology Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
  3. Associate Professor, Department of Technology Management and Entrepreneurship, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
- \*. Corresponding Author: [Ghazinoory@Modares.ac.ir](mailto:Ghazinoory@Modares.ac.ir)

Received: 30 may 2022

Revised: 25 august 2022

Accepted: 17 october 2022

## Abstract:

The development of technology is known to be the driver of the economic progress of a country. Complex products, as capital goods, manufactured with advanced technology and multi-disciplinary methods, play a salient role in realizing this process. Because the mode of production is not mass production, the cost is high, the process is time-consuming and any error in the different phases of manufacturing has major consequences, the creation of technological capability resulting from the technological learning process, has a high priority in these products. In this article, by focusing on the national metro train, its technology learning path was investigated based on the operational steps taken along with the production of the complex product, so that a model for the development of the integration capability in the project can be constructed. The mixed methodology was selected to collect and analyze the data by using interpretive structural modeling and then, based on the findings, stratification was done and the degree of penetration and dependence of the components was determined. According to the presented model, it is expected that technology management and project management offices should play an effective role in the research goal.

*Keywords:* technology learning, integration management, complex systems and products, National Metro Train

---

**Citation:** Zarrehparvar Shoja, E., Ghazinoory, S., & Ghazinoori, S. (2022). A model for developing integrability in complex product and systems (CoPS) projects based on technology learning. *Journal of Technology Development Management*, 10(3), 35-56. <https://doi.org/10.22104/jtdm.2023.5677.3023>

---

## مدلی برای توسعه قابلیت یکپارچه‌سازی در پروژه‌های محصول پیچیده براساس یادگیری فناوری

الهام ذره‌پرور شجاع<sup>۱</sup>، سیدسپهر قاضی نوری<sup>۲\*</sup>، سیدسروش قاضی نوری<sup>۳</sup>

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

۲. استاد، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳. دانشیار، گروه مدیریت فناوری و کارآفرینی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

\*. نویسنده مسئول: Ghazinoory@Modares.ac.ir

پذیرش: ۲۵ مهر ۱۴۰۱

بازنگری: ۷ شهریور ۱۴۰۱

دریافت: ۹ خرداد ۱۴۰۱

### چکیده

توسعه فناوری به‌عنوان محرکی برای توسعه اقتصادی کشورها شناسایی شده است. در این بین، ساخت محصولات پیچیده به‌عنوان کالاهای سرمایه‌ای با فناوری پیشرفته و چندرشته‌ای اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. از سوی دیگر، ایجاد قابلیت و توانمندی فناوری که منتج از فرایند یادگیری فناوری است، در این محصولات دارای اولویت بالایی است؛ چراکه این نوع محصولات با تکرار کم اما هزینه و زمان زیاد تولید می‌شوند و هرگونه خطایی در مرحله‌های مختلف ساخت محصول پیچیده، تبعاتی جبران‌ناپذیر به همراه دارد. در این مقاله تلاش شده تا با تمرکز روی یک محصول پیچیده؛ یعنی قطار ملی مترو، مسیر یادگیری فناوری آن بر اساس گام‌های عملیاتی محصول پیچیده بررسی شود تا بتوان از نتایج بررسی‌ها، مدلی برای توسعه قابلیت یکپارچه‌سازی در پروژه‌های محصول پیچیده بر اساس یادگیری فناوری ارائه کرد. برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها از رویکرد آمیخته استفاده شد بدین صورت که پس از بررسی منابع، داده‌ها از طریق مصاحبه و پرسش‌نامه گردآوری و با استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری تحلیل شد و بر اساس یافته‌ها، سطح‌بندی و تشخیص میزان نفوذ و وابستگی مؤلفه‌ها صورت گرفت. طبق مدل ارائه شده، دفاتر مدیریت فناوری و مدیریت پروژه در جایگاه‌های تعیین‌شده، نقش مؤثری در راستای هدف تحقیق دارند.

واژه‌های کلیدی: یادگیری فناوری، مدیریت یکپارچه‌گی، سامانه‌ها و محصولات پیچیده، قطار ملی مترو

## مقدمه

کشورهای توسعه‌یافته تلاش می‌کنند که با نوآوری و سرمایه‌گذاری در فعالیتهای تحقیق و توسعه، ضمن دستیابی به رشد بیشتر، موقعیت خود را تحکیم بخشند؛ اما کشورهای در حال توسعه با چالشی جدی‌تر، یعنی چالش کاستن از میزان شکاف میان خود با کشورهای توسعه‌یافته به‌عنوان مرزهای جهانی فناوری روبرو هستند. (قاضی‌نوری و مهاجری<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹). یکی از راهکارهای موفقیت در این چالش برای حرکت کشور به سمت توسعه‌یافتگی، استفاده از الگوهای نظیر گام‌هایی است که کشورهای پیشگام برای تحقق اهداف توسعه‌ای برداشته‌اند. توجه به طراحی و تولید سامانه‌ها و محصولات پیچیده، به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر توسعه اقتصادی، توسعه قابلیت و توانمندسازی بومی در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه این محصولات به‌نوعی راهبردی هستند، بومی‌سازی آنها از طریق یادگیری فناوری می‌بایست به‌صورت کاملاً مدیریت‌شده صورت پذیرد. یادگیری فناوری در جهان سوم، مقوله پیچیده‌ای است که هم از نظر علمی و هم از جنبه ابعاد فرهنگی، سیاسی و اقتصادی سال‌هاست نه فقط کشورهای در حال توسعه، بلکه بسیاری از مجامع پژوهشی غرب و سازمان‌های بین‌المللی را به خود مشغول داشته است. وجود فاصله قابل توجه در سطح فناوری‌های کشورهای پیشرفته و جهان سوم باعث شده است که بر یادگیری فناوری به‌صورت راهکار و الزامی برای کاهش این فاصله تمرکز شود. یکی از دلایل این فاصله آن است که مباحث فنی به‌عنوان دانش سخت و صریح مورد توجه است؛ در حالی که مباحث مدیریت به‌عنوان دانش نرم و ضمنی، کمتر مورد توجه و تمرکز بوده یا به طور کامل مغفول می‌ماند. یادگیری فناوری روشی درون‌زا برای ایجاد قابلیت‌های فناورانه در کشورهای در حال توسعه است که بیانگر توانایی بنگاه‌ها برای استفاده مؤثر از فناوری، جذب و سازگاری فناوری‌های بیرونی و ایجاد فناوری‌های جدید در طول زمان و همگام با تغییرات محیطی است. توسعه فناوری در کشورهای در حال توسعه شامل مسیری است که طی آن تغییرات تدریجی فناورانه رقم می‌خورد و عملکرد فعالیتهای فناورانه مبتنی بر تلاش‌های فناورانه انجام شده در این کشورها است. حال نکته این است که کشورهای در حال توسعه چطور به این مسیر دست می‌یابند. پاسخ، یادگیری فناوری است که در پی آن تعمیق و تسلط فناوری حاصل می‌شود (لال و اوراتا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳).

در مقاله حاضر، تلفیق اهداف سه مفهوم یادگیری فناورانه، مدیریت پروژه محصول پیچیده و

1 . Ghazinoory &amp; Mohajeri

2 . Lall &amp; Urata

مدیریت یکپارچه‌سازی از طریق طیف مطالعات اولیه تا نهایی شامل منابع کتابخانه‌ای و پژوهشی، ادبیات موضوع و درک پیشینه تحقیق صورت گرفته است. با توجه به ادبیات پیشین و با نگاهی بر خلأهای پژوهشی، پس از شناسایی اولیه مشارکت‌کنندگان در حوزه محصول پیچیده قطار مترو از بین خبرگان صنعت و دانشگاه در ابتدای کار و پس از آن شناسایی مشارکت‌کنندگان خبره با استفاده از روش گلوله‌برفی، مصاحبه‌های عمیق و باز انجام شد. پرسش‌هایی که طی پژوهش به آن پاسخ داده شده است عبارت‌اند از:

- کدام یک از حوزه‌های دانشی مدیریت پروژه منجر به توسعه قابلیت یکپارچه‌سازی در محصولات پیچیده می‌شود؟
- چه عواملی در فرایندهای مدیریت پروژه‌های محصولات پیچیده باعث یادگیری فناوری می‌شود؟
- چگونه یکپارچه‌سازی در مدیریت پروژه‌های محصولات پیچیده در یادگیری فناوری اثرگذار است؟

## پیشینه پژوهش

### پروژه

پروژه تلاشی موقت است که در راستای ایجاد یک محصول، خدمت یا نتیجه منحصربه‌فرد انجام می‌شود. واژه موقت به معنی وجود شروع و پایان مشخص برای پروژه است؛ ولی مفهوم آن کوتاه‌بودن زمان پروژه نیست (موسسه مدیریت پروژه<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳؛ باکارینی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶). ممکن است اجزای تکرارشدنی در برخی از اقلام قابل تحویل پروژه موجود باشد، اما این تکرار، منحصربه‌فرد بودن بنیاد یک پروژه را تغییر نمی‌دهد. به دلیل ماهیت منحصربه‌فرد پروژه‌ها، ممکن است در مورد خروجی‌هایی که در طی چرخه عمر پروژه ایجاد می‌کنند، عدم قطعیت‌هایی<sup>۳</sup> وجود داشته باشد. یک پروژه می‌تواند از یک فرد تا چندین واحد سازمانی را درگیر سازد (موسسه مدیریت پروژه، ۲۰۱۳). همچنین درگیر شدن چندین سازمان در سطوح مختلف دولتی، خصوصی، غیرانتفاعی یا مردم‌نهاد<sup>۴</sup> در یک پروژه دور از انتظار نیست. بر همین اساس، در ادبیات پیشین نظیر مک‌لئود<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، در این حوزه، وجود

---

1 . Project Management Institute (PMI)  
 2 . Baccarini  
 3 . Uncertainty  
 4 . NGO (Non-Governmental Organization)  
 5 . McLeod

ذی‌نفعان و لزوم مدیریت و ارتباطات فی‌مابین آنها جزء جدایی‌ناپذیر در مدیریت پروژه است. به تعبیر صاحب‌نظرانی نظیر کرافورد<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶)؛ باکارینی (۱۹۹۶) و ویلیامز<sup>۲</sup> (۱۹۹۹) مسئله‌ای که موجب تفاوت بین پروژه‌های عادی و پیچیده می‌شود، ابهام و عدم قطعیت در پروژه است که شامل دو شاخص اصلی تمایز و وابستگی در پروژه‌ها می‌شود. شاخص‌های اصلی اثرگذار بر پیچیدگی پروژه شامل اندازه، وابستگی و روابط متقابل، ذی‌نفعان، فناوری، مهندسی هم‌زمان، ابهام و... شناسایی شده است (سن کریستوبل<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸). مدیریت پروژه سامانه‌های محصول پیچیده از جنبه‌هایی نظیر مدیریت یکپارچه‌چگی، مدیریت ارتباطات، مدیریت محدوده، رویکرد برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، مدیریت زمان و هزینه، مدیریت ریسک و مدیریت ذی‌نفعان، با پروژه‌های معمول تفاوت دارد. از نظر سن کریستوبل (۲۰۱۸) و رمینگتون و پولاک<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) این پیچیدگی از منابعی در چهار بُعد اصلی یعنی پیچیدگی ساختاری، پیچیدگی فنی، پیچیدگی جهت‌دار و پیچیدگی زمانی ناشی می‌شود. به‌عبارتی پیچیدگی در امور فناوری، ساختار سازمانی، ارتباطات، اهداف، محیط و... منجر به پیچیدگی در پروژه می‌شود. راهکار رسیدگی به این پیچیدگی، سبک، دانش و ابزار مدیریتی و رهبری است که در پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### محصول پیچیده

محصول پیچیده‌ای نظیر قطار مترو، به تبعیت از تعریفی که هابدی<sup>۵</sup> (۱۹۹۹) ارائه کرده است، از سرمایه‌ای بودن، ارزش زیاد تجاری و سیاسی، دارا بودن ساختارهای پیچیده، چندعملکردی بودن، فناوری سطح بالا، داشتن یک یا چند مشتری خاص، تولید در یک شبکه همکاری، نیاز به دانش و مهارت زیاد، نیاز شدید به نرم‌افزار و چرخه عمر طولانی برخوردار است. اغلب محصولات پیچیده با مشارکت سازمان‌های مختلف و از طریق پروژه ساخته می‌شوند (میلر<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۹۹۵). این تعریف به طور ویژه لزوم مدیریت ذی‌نفعان در پروژه محصول پیچیده را تایید می‌کند. برخلاف محصولات ساده در تولید انبوه که عمدتاً در سازمان‌های وظیفه‌ای صورت می‌گیرد، پروژه و سازماندهی پروژه‌ای،

1 . Crawford

2 . Williams

3 . San Cristóbal

4 . Remington & Pollack

5 . Hobday

6 . Miller

شکلی طبیعی برای تولید سامانه‌های محصول پیچیده است.

### پروژه محصول پیچیده

در پروژه‌های پیچیده، تغییرات و تصمیم‌گیری‌های درست و به‌موقع در موفقیت یا شکست پروژه اثرگذار است اما می‌بایست در نظر داشت که باتوجه‌به بحث تمایز و وابستگی و همچنین عدم قطعیت، همبستگی و وابستگی زیاد بین اجزاء مختلف مدنظر قرار گیرد و تمامی جنبه‌هایی که تحت تأثیر تصمیم‌گیری دستخوش تغییر و دگرگونی می‌شود، سنجیده شود و مدیریت یکپارچه‌سازی در پروژه موردتوجه قرار گیرد. این نکته‌ای است که در طرح موضوع پیچیدگی پروژه‌ها مغفول مانده است. تحقیقاتی که از سال ۲۰۰۰ تاکنون در حوزه مدیریت یکپارچه‌سازی پروژه در پایگاه‌های استنادی<sup>۱</sup> و دانشی<sup>۲</sup> ثبت شده است، ۲۱۴ سند شامل مقاله علمی-پژوهشی، مروری، کنفرانسی و کتاب است. این امر نشان‌دهنده اهمیت مدیریت یکپارچه‌سازی در پروژه است. نکته قابل توجه این است که در مورد یادگیری مدیریت یکپارچه‌سازی، در مدت مشابه، تنها ۲۷ سند یافت شد. این موضوع نشان می‌دهد که به بحث مهم یادگیری و اثرات آن در توسعه یکپارچه‌سازی به‌صورت توأمان پرداخته نشده و موجب ایجاد خلأ دانشی شده است.

به استناد تحقیقات هابدی (۱۹۹۸) و نیو و وستبروک<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) محصولات پیچیده با تعداد زیادی از مؤلفه‌های متقابل باتکیه‌بر فناوری‌های جدید مشخص و در زنجیره‌های تأمین بزرگ تولید می‌شوند. و از آنجاکه هابدی و همکاران (۲۰۰۵)، کورنلیوس<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۶) و زیرپولی و بکر<sup>۵</sup> (۲۰۱۱) معتقدند، تسلط بر تمام دانش و مهارت‌های موردنیاز برای تولید آنها برای یک شرکت دشوار است، مشارکت تهیه‌کنندگان خارجی با ارائه طیف گسترده‌ای از دانش و مؤلفه‌ها برای روند پیچیده توسعه محصول ضروری است این فرایند باید توسط یک عامل مرکزی مسئول ادغام دانش و مؤلفه‌های جمع‌آوری شده از منابع توزیع‌شده هماهنگ شود که آچا<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۷) این عامل را «یکپارچه‌ساز سیستم» می‌دانند. به اعتقاد هابدی و راش<sup>۷</sup> (۱۹۹۹) پروژه‌های محصول پیچیده اغلب

- 1 . Scopus
- 2 . Web of science
- 3 . New & Westbrook
- 4 . Cornelius
- 5 . Zirpoli & Becker
- 6 . Acha
- 7 . Rush

تحت یکپارچگی شبکه نوآوری ساخته می‌شوند که شامل پیمانکاران، خریداران، تأمین‌کنندگان و در بیشتر موارد، دولت است. حال این نکته مهم است که نقش ذی‌نفعان در یکپارچه‌سازی و مدیریت آن در پروژه محصول پیچیده‌ای نظیر قطار مترو، چیست و چگونه برآورده می‌شود.

یاسین<sup>۱</sup> (۲۰۲۱) با الهام از رویکرد سایمون<sup>۲</sup> (۱۹۶۹) به ویژگی تجزیه‌پذیری نزدیک محصول پیچیده و بر مبنای ادبیات محصولات پیچیده، به دلیل تنوع اجزای کلان در سامانه‌های پیچیده و به منظور مدیریت یکپارچه‌سازی، به رویکرد تجزیه سلسله‌مراتبی اجزای سامانه‌های پیچیده به عناصر کوچک‌تر مبتنی بر عملکرد و دسته‌بندی آنها اشاره کرده است. این عناصر تا جایی تجزیه می‌شوند که به سطح ابتدایی برسند. تجزیه‌پذیری نزدیک زمانی اتفاق می‌افتد که برهم‌کنش بین زیرسیستم‌ها در یک محصول پیچیده، ضعیف‌تر از برهم‌کنش‌های درون آنها باشد. مور و کاناپوری<sup>۳</sup> (۲۰۱۹) با نگاهی بر مهندسی سیستمی، برای شکست فعالیت‌ها و اجزا از نمودار شیء-فرایند بهره‌گرفتند و در تحقیقات خود، روش‌هایی نظیر ماتریس ساختار طراحی، نمودار ساختار کاربردی و استقرار تابع پیمان‌های<sup>۴</sup> را پیشنهاد داده‌اند.

### یادگیری فناوری

باتوجه به اهمیت موضوع یادگیری فناوری در پروژه‌های محصول پیچیده، ادبیات یادگیری مبتنی بر پروژه مورد بررسی قرار گرفت. متیس و کونرز<sup>۵</sup> (۲۰۱۸)، یادگیری مبتنی بر پروژه، بر اساس ایده یادگیری تکراری برای پروژه‌های آینده از موفقیت و شکست پروژه‌های گذشته را مطرح کردند که بر اساس آن می‌توان متوجه شد که یادگیری فناورانه فرایندی پیچیده است؛ زیرا اجزاء متعدد و حوزه‌های دانش و فناوری متنوع و بسیاری از دیگر عوامل آن ضمنی هستند و یا به طور عمیق در نهاد انسان‌ها و سازمان‌ها نهفته‌اند، به‌کارگیری مناسب فناوری‌های جدید به ایجاد توانمندی‌های ضمنی (اطلاعات، مهارت‌ها، تعاملات و روال‌ها) برای مدیریت فناوری احتیاج دارد و همچنین مهارت‌های کارآفرینانه و مدیریتی برای توسعه توانمندی‌های ضمنی نیز بسیار لازم است. لال و اوراتا<sup>۶</sup> (۲۰۰۳) انواع یادگیری

1 . Yassine

2 . Simon

3 . More & Khanapuri

4 . Modular Function

5 . Matthies & Coners

6 . Lall, S., & Urata

که منتج به توسعه فناوری می‌شود را به دو دسته تسلط فناوریانه و تعمیق فناوریانه تقسیم می‌کنند. سازوکارهایی که کاهولی - براهمی<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) برای دستیابی به یادگیری فناوری شناسایی کرده است شامل یادگیری در حین انجام کار؛ یادگیری در حین تحقیق کردن؛ یادگیری در حین استفاده کردن و یادگیری ناشی از ارتباط برقرار کردن و صرفه‌های ناشی از مقیاس است. بر اساس یافته‌های علی احمدی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷) و کیم<sup>۳</sup> (۲۰۰۱) سازمان‌ها برای رسیدن به توانمندی فناوریانه باید از طریق منابع یادگیری (شامل منابع خارج از کشور؛ منابع داخل کشور؛ منابع درون سازمانی) یادگیری فناوریانه را تقویت کنند. قاضی‌نوری و همکاران (۲۰۲۱) فرایند ذکرشده را در دو سبک مختلف یادگیری پژوهش‌بنیاد و تجربه‌بنیاد، دسته‌بندی می‌کنند. قابلیت مدیریت دانش و یادگیری در محصولات و سامانه‌های پیچیده یکی دیگر از قابلیت‌هایی است که محققان در مقالات متعدد به آن پرداخته‌اند. اکثر ایشان به نقش دانش‌های بین‌رشته‌ای به‌عنوان یک ورودی مهم و کلیدی جهت توسعه محصولات پیچیده اشاره کرده‌اند.

### قطار مترو؛ یادگیری فناوری، الزام بومی‌سازی محصول پیچیده

محصولات و سیستم‌های پیچیده (کوپس<sup>۴</sup>) به‌عنوان کالاها، سامانه‌ها، شبکه‌ها، زیرساخت‌ها، سازه‌های مهندسی و خدمات پُر هزینه مهندسی و نرم‌افزاری تعریف می‌شود (صفدری رنجبر<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۲). طبق تعاریف، قطار مترو در زمره محصولات پیچیده قرار دارد و کسب فناوری و طراحی و ساخت هر یک از اجزای آن از پیچیدگی‌های بالایی برخوردار است. به‌عنوان مثال، پیچیده‌ترین قسمت قطار یعنی سامانه کامل سیستم رانش شامل سیستم کنترل مرکزی، بخش برق ولتاژ بالا، سیستم کنترل دور موتورها، سیستم تأمین برق داخل واگن‌ها، الکتروموتورها، گیربکس‌ها، سلف‌ها و مقاومت‌های ترمزی است که حدود ۳۰ تا ۳۳ درصد قیمت یک رام قطار را تشکیل می‌دهند. علاوه‌براین سایر قسمت‌های قطار از جمله سیستم ترمز، بوژی، بدنه و ارگونومی داخلی و یکپارچه‌سازی این اجزا، از پیچیدگی قابل توجهی برخوردار است؛ لذا یادگیری فناوری و بومی‌سازی می‌تواند الگوی مهمی از امکان‌پذیری اتکاء بر توان ملی در تأمین نیازهای کشور به‌صورت داخلی و ایجاد اشتغال در کشور باشد.

1 . Kahouli-Brahmi

2 . Aliahmadi

3 . Kim

4 . CoPS

5 . Safdari Ranjbar



همچنین از دیگر مزایای بومی‌سازی این محصول پیچیده، کاهش خروج ارز از کشور، امکان تعمیر و نگهداری داخلی، کاهش و کنترل هزینه و از همه مهم‌تر توسعه اقتصادی است.

### روش پژوهش

باتوجه به موضوع پژوهش که طی آن تلفیق اهداف سه حوزه علمی یادگیری فناوریانه، مدیریت پروژه محصولات و سیستم‌های پیچیده و مدیریت فناوری صورت می‌پذیرد، رویکرد پژوهشی، توسعه‌ای-کاربردی در نظر گرفته شد. با انتخاب رویکرد آمیخته تلاش شد، از دو رویکرد قیاسی و استقرائی به صورت تلفیقی استفاده شود، به طوری که در چرخه فرایندی در گام‌های تحقیق، قیاس و استقرا به صورت توأمان و همراه با هم بکار گرفته شد. در رویکرد استقرائی، از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری به منظور تکمیل یافته‌های ناشی از روش قیاسی به دست آمده از نرم‌افزار مکس کیودی‌ای ۱۲۰۲۰ استفاده شد. مورد مطالعه باتوجه به اهمیت موضوع تحقیق و لزوم توسعه کشور از طریق سرمایه‌گذاری در تولید محصولات پیچیده، قطار ملی مترو تعیین شد. بر اساس الزام ماده ۵۴ برنامه ششم توسعه ۵ ساله ایران، پروژه ساخت داخلی قطار ملی مترو از تیرماه ۱۳۹۸ آغاز شد. برحسب اهداف و وظایف، سامانه‌های حمل‌ونقل ریلی (یکی از ارکان حمل‌ونقل عمومی)، به سه گروه اصلی قطار شهری (مترو)، تراموا و مونوریل تقسیم می‌شوند. در دنیا، حدود ۲۱۱ شهر از مترو استفاده می‌کنند و ایران با ۵ شهر دارای سهم ۲ درصدی از این آمار است. بنگاه‌هایی از کشورهای چین، کانادا، آلمان، فرانسه و امریکا در ساخت صنعت ریلی نیاز دنیا را تأمین کرده و پیشرو هستند. در پروژه‌هایی نظیر ساخت واگن مترو، تحقق فرایند یادگیری فناوری حائز اهمیت است که نیاز به شرایط و بسترهای لازم دارد. این نکته، باعث انتخاب این پروژه در این پژوهش شد.

پژوهش در دو مرحله اصلی انجام شد. در مرحله اول، باتوجه به ادبیات پیشین و با نگاهی بر کاستی‌های پژوهشی، پس از شناسایی اولیه مشارکت‌کنندگان خبره در حوزه محصول پیچیده و تولید قطار از بین خبرگان صنعت و دانشگاه در ابتدای کار و پس از آن شناسایی مشارکت‌کنندگان خبره با استفاده از روش گلوله‌برفی، مصاحبه‌های عمیق و باز، طراحی و اجرا شد. برای انتخاب خبرگان، از طریق نهادهای مختلف درگیر در قطار ملی مترو (نظیر ستاد فناوری‌های حوزه فضایی و حمل‌ونقل پیشرفته معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری، جهاد دانشگاهی، متروی تهران، مپنا لوکوموتیو،

واگن‌سازی تهران و...)، افرادی که از ابتدا در مسئولیت‌های مختلف پروژه بودند، شناسایی شدند. همچنین برخی محققان دانشگاهی صاحب‌نظر در حوزه محصولات پیچیده نیز به این جمع اضافه شدند و تا رسیدن به اشباع نظری، ده مصاحبه انجام شد.

پس از انجام مصاحبه و پیاده‌سازی، نتایج آن با استفاده از رویکرد نظریه داده‌بنیاد مورد تحلیل قرار گرفت. برای این کار، کُدگذاری داده‌ها در سه مرحله (کُدگذاری باز، کُدگذاری محوری، کُدگذاری انتخابی)، انجام تحلیل‌های لازم و استخراج خروجی‌هایی شامل نمودارهای جمعیت‌شناختی، علم‌سنجی به تفکیک مستندات، نمودار ابری و ماتریس شانون، پرتو واحدهای معنایی و موارد مرتبط با آن انجام شد. بر اساس یافته‌های این مرحله، ۵۱ رابطه بین کُدهای اولیه به‌عنوان مآلفه‌های اصلی شناسایی شد. از آنجا که در اکثر موارد طی مصاحبه‌ها، رویکرد مدیران در اجرای پروژه قطار ملی مترو، فنی بوده و مباحث مدیریت پروژه و موارد بالادستی به نحو قابل توجهی در پروژه مشهود نبود، از واژه الزامات در کُدگذاری محوری استفاده شد. در مرحله بعدی، با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری که روشی با ماهیت آمیخته است (زیرا هم الگوهای ذهنی را ترسیم می‌کند و هم از مقادیر برای نمایش قدرت نفوذ-وابستگی متغیرها بهره می‌گیرد) استفاده شد. از آنجا که در منابع مختلف توصیه شده است که تعداد بیش از بیست مورد مؤلفه، باعث سردرگمی و ابهام مشارکت‌کنندگان می‌شود، ۵۱ رابطه تشخیص داده‌شده در روش کیفی، به ۱۶ مورد و پس از آن با نظر اساتید، در ۷ مورد دسته‌بندی شده و تقلیل یافت. پس از طراحی پرسش‌نامه (تشکیل ماتریس ۷×۷) سایر مراحل روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری گام‌به‌گام انجام شد. این ۷ مؤلفه عبارت‌اند از: الف: وجود الزامات بالادستی و قانونی، ب: اجرای الزامات مدیریت پروژه، پ: چیدمان ساختار اجرایی پروژه، ت: وجود الزاماتی برای یکپارچه‌سازی، ث: اجرای پیش‌فرض‌هایی قبل از اجرای پروژه، ج: مدیریت دانش و چ: ویژگی‌ها و الزامات محصول پیچیده. در ادامه و بخش بعدی، یافته‌های تحقیق بر اساس اقدامات انجام شده تبیین شده است.

### یافته‌ها

در اولین گام، کُدگذاری مقدماتی به‌صورت برچسب معنایی به واحدهای معنادار (متن مصاحبه‌ها و مقاله‌ها) از طریق نرم‌افزار مکس کیودی‌ای ۲۰۲۰ انجام شد. برای پایایی و روایی کُدگذاری انجام شده، نظرات کارشناسی دو تن از خبرگان تحلیل کیفی برای تعریف مراحل تجزیه و تحلیل در فرایند کُدگذاری مقدماتی را برای رمزگشایی از واحدهای معنادار و مشخص کردن بخش‌های مهم‌تر در مشاهدات

دریافت شد. اشباع نظری نقطه‌ای است که محقق در طی انواع طرح‌هایی که در آن کُدگذاری وجود دارد برای مشخص کردن حجم نمونه استفاده می‌کند (برایانت<sup>۱</sup>، ۲۰۱۷). در این نقطه مقولات به اشباع می‌رسند و دیگر اطلاعات جدیدی به آنها اضافه نمی‌شود. بر اساس تحلیل محتوای پنهان، تعداد ۱۵۸ کُد اولیه استخراج شد که با احتساب فراوانی تکرار کُد‌ها، تعداد آن به ۵۷۷ کُد رسید.

طبق فراوانی کُد‌ها، کُد اولیه «استفاده از دانش و تجربه قبلی تأمین‌کنندگان در پروژه» با ۱۵ تکرار و «لزوم تعیین متولی برای یکپارچه‌سازی و مدیریت آن در پروژه» با ۱۲ تکرار، بیشترین درجه اهمیت از نظر ماتریس شانون (بر اساس فراوانی) را دارا بود. دسته‌بندی کُد‌های اولیه با دو روش ایجاد کُد جدید یا استفاده از کُد متمرکز انتزاعی انجام شد و در نهایت با کُدگذاری محوری بلوک‌های اصلی شکل گرفت. کُد‌های محوری در شش دسته اصلی «مهارت‌های مدیریتی در پروژه»، «الزامات برای اجرای موفق پروژه»، «ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو»، «عوامل بالاسری اثرگذار بر پروژه»، «راه‌های اجرا شده یادگیری فناوری»، «دستاوردهای یادگیری فناوری» قرار گرفتند. با استفاده از تشکیل نمودار هم‌پوشانی کُد‌های استخراج‌شده و پس از حذف کُد‌هایی که صرفاً ارتباطات داخلی داشتند، با استفاده از گروه‌بندی کُد‌های به‌دست‌آمده، تدوین پرسش‌نامه بر اساس مدل‌سازی ساختاری تفسیری انجام شد.

از بین ۲۰ خبره شناسایی شده، پانزده نفر در تکمیل پرسش‌نامه مشارکت کردند. ارتباطات بین کُد‌های اولیه که در زیرگروه‌های کُد‌های محوری قرار گرفته و همچنین سطح‌بندی و ارتباطات مولفه‌های شناسایی شده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری در بخش نتیجه‌گیری قابل تفسیر است. در مرحله بعد، قدرت نفوذ و میزان وابستگی هریک از مؤلفه‌ها محاسبه شد که در شکل (۱) نمایش داده شده است.

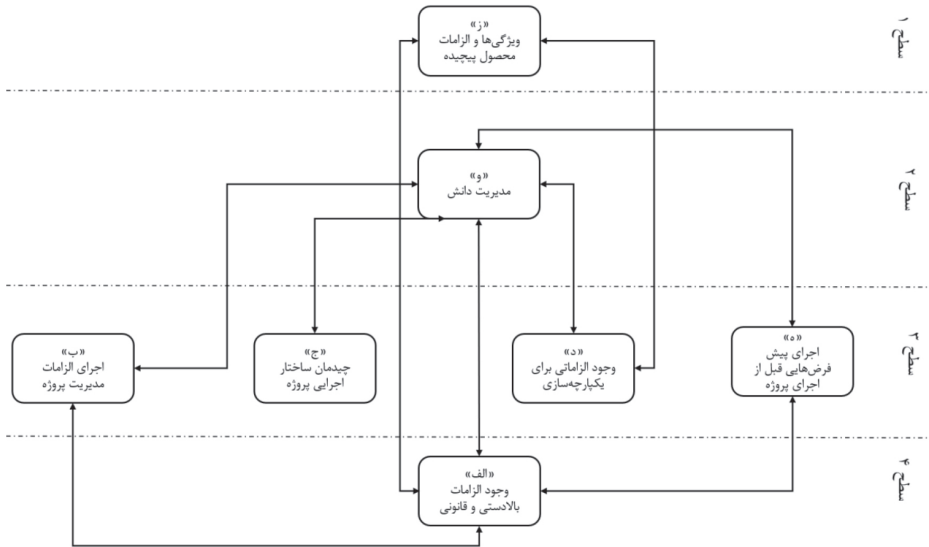
قدرت نفوذ	چ	ج	ث	ت	پ	ب	الف	نفوذ و وابستگی
۵	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	الف
۲	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	ب
۲	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	پ
۳	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	ت
۲	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	ث
۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	ج
۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	چ
-	۳	۶	۲	۱	۱	۲	۱	میزان وابستگی

شکل ۱. ماتریس قدرت نفوذ و میزان وابستگی

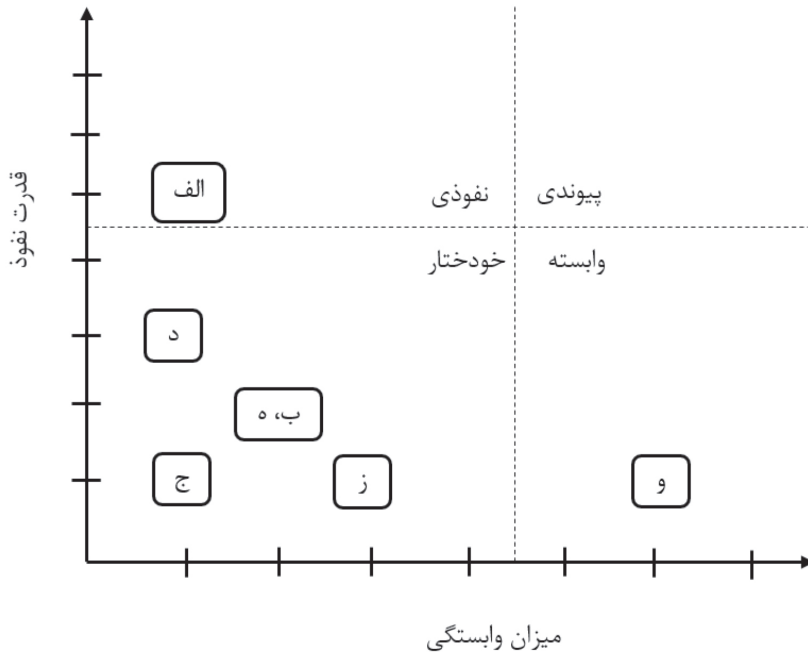
## بحث و نتیجه گیری

### بحث

مطابق با یافته‌های تحقیق که عمدتاً بر اساس پیشینه پژوهش و خلأ شناسایی شده دانشی شکل گرفت، مدل چهارسطحی از مآلفه‌های اصلی ترسیم شد. همان‌طور که در شکل‌های (۲) و (۳) قابل مشاهده است، مؤلفه الف: «وجود الزامات بالادستی و قانونی» به‌عنوان متغیر نفوذی یا مستقل شناسایی شد که نیروی نفوذ قوی دارند، اما نیروی وابستگی آنها ضعیف است. این الزامات در واقع متغیرهای کلیدی هستند و با ایجاد تغییر در آنها می‌توان بر بقیه متغیرها تأثیر گذاشت و اثرپذیری آنها از سایر مؤلفه‌ها کم و ناچیز است؛ ولی صفر نیست. به‌عبارت‌دیگر «الزامات بالادستی و قانونی» بر مؤلفه‌های «اجرای الزامات مدیریت پروژه»، «ویژگی‌ها و الزامات محصول پیچیده»، «اجرای پیش‌فرض‌هایی قبل از اجرای پروژه» و «مدیریت دانش» اثرگذاری زیاد و از آنها اثرپذیری کم دارد.



شکل ۲. مدل چهارسطحی ارتباطی بین مؤلفه‌ها بر اساس مدل‌سازی ساختاری تفسیری



شکل ۳. نمودار تحلیلی قدرت نفوذ و میزان وابستگی

مؤلفه‌های ب: «اجرای الزامات مدیریت پروژه»، پ: «چیدمان ساختار اجرایی پروژه»، ت: «وجود الزاماتی برای یکپارچه‌سازی»، ث: «اجرای پیش‌فرض‌هایی قبل از اجرای پروژه» و ج: «ویژگی‌ها و الزامات محصول پیچیده» به‌عنوان متغیرهای خودمختار در شکل (۳) شناسایی شدند. این مؤلفه‌ها با میزان وابستگی و قدرت نفوذ کمتر نسبت به سایر ناحیه‌های نمودار، مؤلفه‌هایی هستند که می‌توانند تقریباً به‌صورت جدا از کل سیستم عمل کنند بطوری که اثر چندانی روی سایر مؤلفه‌ها ندارند و در واقع ارتباط این مؤلفه‌ها با دیگر مؤلفه‌ها بسیار محدود و ناچیز است؛ اما این بدان معنی نیست که کاملاً مستقل و بی‌اثر عمل می‌کنند.

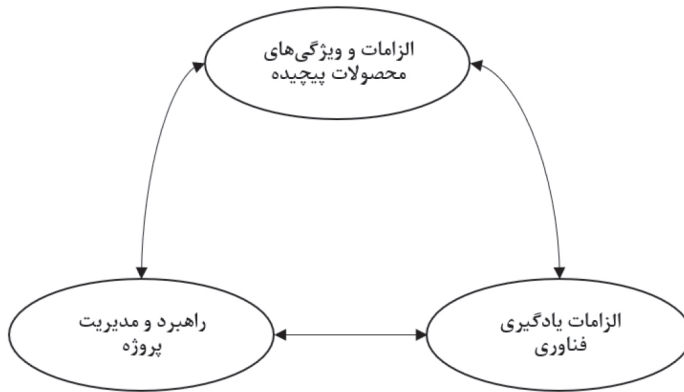
قدرت اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌های ب: «اجرای الزامات مدیریت پروژه» و ث: «اجرای پیش‌فرض‌هایی قبل از اجرای پروژه» یکسان است. این اثرگذاری و اثرپذیری در ارتباط با مؤلفه‌های «مدیریت دانش» و «وجود الزامات بالادستی و قانونی» است. به این صورت که ب و ث دارای قدرت نفوذ و میزان وابستگی یکسان هستند و هر یک به‌طور مستقل به یک‌میزان اثرگذار بر سایرین و اثرپذیر از آنها هستند.

مؤلفه پ: «چیدمان ساختار اجرایی پروژه» و ج: «ویژگی‌ها و الزامات محصول پیچیده» دارای اثرگذاری یکسان بر سایر مؤلفه‌ها هستند؛ ولی مؤلفه پ نسبت به مؤلفه ج وابستگی و اثرپذیری کمتری دارد. در شکل (۳)، ارتباط دوطرفه مؤلفه پ: «چیدمان ساختار اجرایی پروژه» با «مدیریت دانش» قابل مشاهده است. همچنین مؤلفه ج: «ویژگی‌ها و الزامات محصول پیچیده» با «وجود الزامات بالادستی و قانونی» و «وجود الزاماتی برای یکپارچه‌سازی» دارای ارتباط دوطرفه است.

مؤلفه ت: «وجود الزاماتی برای یکپارچه‌سازی»، در مقایسه با مؤلفه پ میزان وابستگی یکسان اما دارای قدرت نفوذ بیشتری است و در نتیجه اثرگذارتر عمل خواهد کرد. با این تفاوت که مؤلفه ت: «وجود الزاماتی برای یکپارچه‌سازی»، با «وجود الزامات بالادستی و قانونی» و «مدیریت دانش» ارتباط دوطرفه و تعاملی دارد.

بر اساس شکل (۳)، مؤلفه ج: «مدیریت دانش»، در ناحیه متغیرهای وابسته قرار گرفته است. این متغیرها نیروی نفوذ یا اثرگذاری ضعیفی دارند، با این‌وجود از میزان وابستگی اثرپذیری بالاتری نسبت به سایر مؤلفه‌ها برخوردار هستند. همان‌طور که اشاره شد، مؤلفه ج: «مدیریت دانش» با «وجود الزامات بالادستی و قانونی»، «اجرای الزامات مدیریت پروژه»، «چیدمان ساختار اجرایی پروژه»، «وجود الزاماتی برای یکپارچه‌سازی»، «اجرای پیش‌فرض‌هایی قبل از اجرای پروژه»، «مدیریت دانش» و

«ویژگی‌ها و الزامات محصول پیچیده» دارای ارتباطات متقابل و دوطرفه است. این روابط متقابل که در یافته‌های تحقیق با استفاده از روش‌های استقرایی و قیاسی ناشی از روش‌های تحقیق کیفی و کمی (آمیخته) به دست آمد را می‌توان به صورت شکل (۴) نمایش داد.



شکل ۴. خلاصه روابط به دست آمده از برقراری رابطه تعدی ناشی از رویکرد تحقیق آمیخته (نظریه داده‌بنیاد و مدل‌سازی ساختاری تفسیری)

در توضیح شکل (۴)، رابطه تعدی بدین صورت است که اگر مؤلفه (۱) منجر به مؤلفه (۲) شود و مؤلفه (۲) منجر به مؤلفه (۳) گردد می‌توان نتیجه گرفت که مؤلفه (۱) نیز منجر به مؤلفه (۳) می‌شود. بر اساس یافته‌های تحقیق که پیش‌تر ارائه شد و همچنین بر پایه مرور ادبیات و تحقیقات صاحب‌نظران، به نظر می‌رسد می‌توان با ارائه مدل شکل (۵) نیازهای مدیریتی، قانونی و فنی را در راستای حفظ تعادل ارتباطات شناسایی شده، پوشش داد. در این شکل دفتر مدیریت فناوری<sup>۱</sup> و دفتر مدیریت پروژه<sup>۲</sup> دارای نقش اصلی واسطه‌گر به منظور مدیریت یکپارچه‌سازی در پروژه محصول پیچیده هستند.

بر اساس نظر نایتینگل<sup>۳</sup> (۲۰۰۰)، تعریف و مدیریت یک پروژه محصول پیچیده باید از سمت مشتری آغاز شود. رن و یو<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) محصول پیچیده را دارای سطح بالایی از هماهنگی و همکاری در

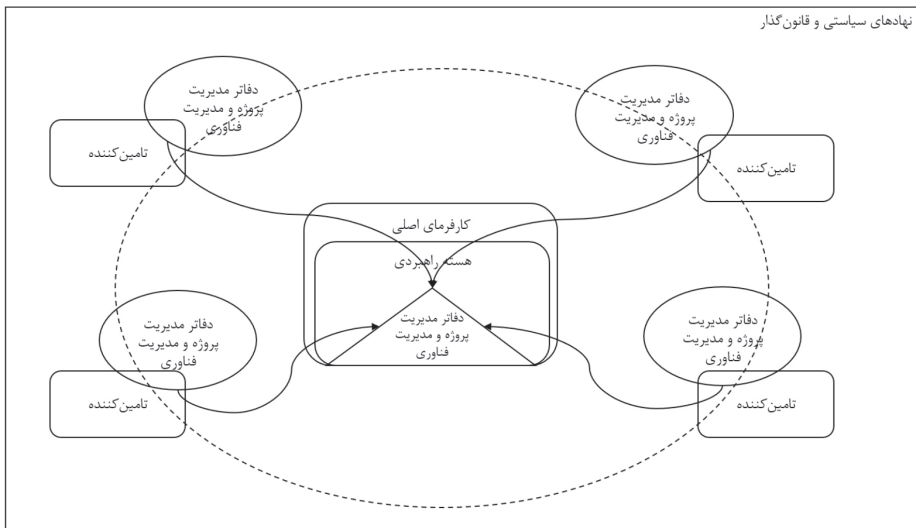
1 . Technology Management Office (TMO)

2 . Project Management Office (PMO)

3 . Nightingale

4 . Ren & Yeo

هنگام طراحی و اجرا، از جمله مشارکت کاربر / مشتری و تأمین کننده و گاهی اوقات، مشارکت دولت و تنظیم کننده می‌دانند. به عبارت دیگر مشتری اصلی محصول پیچیده که به صورت عمده، نهادهای دولتی و سیاست‌گذار هستند، همان‌طور در یافته‌های تحقیق نیز مشاهده شد، به طور اساسی و مستقل، بر سایر شرایط اثرگذار بوده و خط‌مشی رفتارهای پروژه‌های محصول پیچیده را ترسیم می‌نمایند.



شکل ۴. مدل پیشنهادی برای یادگیری فناوری در پروژه‌های محصول پیچیده با رویکرد توسعه قابلیت یکپارچه‌سازی

این خطوط هدایتی می‌تواند شامل وجود راه‌برد یادگیری فناوری، نیاز به ایجاد یا تقویت زیرساخت‌های قانونی و حمایتی، وجود موارد تأمین مالی در قانون، سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه یا لزوم توانمندی مدیریت زنجیره تأمین باشد. در مدل پیشنهادی وجود «نهادهای سیاستی و قانون‌گذار» به‌همین منظور گنجانده شده است.

مدل پیشنهادی در شکل (۴) پاسخگوی پرسش‌های پژوهش به شرح زیر است:

- کدامیک از حوزه‌های دانشی مدیریت پروژه منجر به توسعه قابلیت یکپارچه‌سازی در محصولات پیچیده می‌شود؟
- چه عواملی در فرایندهای مدیریت پروژه‌های محصولات پیچیده باعث یادگیری فناوری می‌شود؟
- چگونه یکپارچه‌سازی در مدیریت پروژه‌های محصولات پیچیده در یادگیری فناوری اثرگذار



است؟

یکی از ویژگی‌های محصولات پیچیده (هابدی، ۱۹۹۸) که به‌عنوان اصلی‌ترین حوزه دانشی در مدیریت پروژه (موسسه مدیریت پروژه، ۲۰۱۷) مطرح شده، «مدیریت یکپارچه‌سازی» است. مدیریت یکپارچه‌سازی قابل تحقق نیست مگر با استفاده از دستگاه یا دستگاه‌هایی که به این منظور تشکیل شده باشد. همان‌طور که اشاره شد، عاملی مرکزی به‌عنوان «یکپارچه‌ساز سیستم» (آچا و همکاران، ۲۰۰۱) نیاز است تا این وظیفه بدیهی و درعین حال حیاتی به انجام برسد. با توجه به اینکه پروژه‌های محصول پیچیده دارای ابعاد فنی و مدیریتی پیچیده نظیر طراحی، مهندسی، آزمون، تعمیرات و نگهداری، مدیریت تأمین‌کنندگان، ارتباطات، مدیریت دانش و سایر حوزه‌های مرتبط است، پیشنهاد می‌شود که مشابه پروژه قطار ملی مترو، در سایر پروژه‌های محصول پیچیده نیز، علاوه بر وجود دفاتر مدیریت پروژه در تمامی ارکان درگیر در پروژه به‌منظور هماهنگی و یکپارچه‌سازی مباحث مدیریتی، دفتر مدیریت فناوری در تمامی ارکان تشکیل گردد. این دفتر علاوه بر هماهنگی طراحی و مهندسی به‌طور ویژه به هماهنگی و یکپارچه‌سازی مباحث مرتبط با مدیریت فناوری اعم از تحقیق و توسعه، مدیریت دانش، یادگیری فناوری، آینده‌نگاری و پیش‌بینی، ارزیابی سطح بلوغ فناوری یا آمادگی فناوری، ورود به مباحث قراردادی خرید و انتقال به فناوری، نوآوری و مباحث راهبردی فناوری در سطح سازمان تأمین‌کننده و در لایه بالاتر در دفتر یا هسته مرکزی پروژه سمت مشتری اصلی یا نماینده کارفرما می‌پردازد. منشأ اصلی این پیشنهاد لزوم وجود رویکرد سیستمی یاسین (۲۰۲۱) با استفاده از رویکرد سایمون (۱۹۶۹) است که به ویژگی تجزیه‌پذیری نزدیک محصول پیچیده به دلیل تنوع اجزای کلان و برای مدیریت یکپارچه‌سازی، می‌پردازد. اشاره شد که مور و کاناپوری (۲۰۱۹) با نگاهی بر مهندسی سیستمی، برای شکست فعالیت‌ها و اجزا از نمودار شیء-فرایند بهره‌گرفتند و روش‌هایی نظیر ماتریس ساختار طراحی، نمودار ساختار کاربردی و استقرار تابع پیمان‌های را پیشنهاد دادند. بر همین اساس می‌توان با ایجاد دو دفتر مدیریت فناوری و مدیریت پروژه و تعامل این دو درون سازمان (استفاده از منابع یادگیری درون‌سازمانی) و بین ارکان مختلف پروژه محصول پیچیده (استفاده از منابع یادگیری برون‌سازمانی) (علی‌احمدی و همکاران، ۲۰۱۷؛ کیم، ۲۰۰۱) و همچنین با استفاده از یادگیری ناشی از ایجاد ارتباط و صرفه‌های ناشی از مقیاس (کاهولی- براهمی، ۲۰۰۸) بهره‌گرفت. هر دو دفتر در دایره وظایف خود، به ایجاد نظام پیمان‌های و با رویکردی مهندسی می‌توانند مدیریت یکپارچه‌سازی را در هر دو حوزه مدیریت فناوری و پروژه محقق سازند.

این موضوع در خصوص محصول پیچیده، نیاز به تغییر مدیریت راهبردی در دیدگاه بنگاه و دولت دارد چراکه بر اساس یافته‌های علی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶) سیاست‌های دولتی همواره عاملی مهم و اثرگذار بر فرایندهای یادگیری فناورانه است. بنگاه باید مدل کسب‌وکار خود را از حالت محصول‌محور به حالت راه‌حل‌محور برای رفع نیاز مشتری تغییر دهد. در چنین حالتی طبق نظر نایتینگل (۲۰۰۰)، یک بنگاه محصول تولید نمی‌کند بلکه راه‌حلی برای رفع نیازها و مشکلات مشتریانش ارائه می‌دهد. لذا یادگیری فناوری به‌عنوان موتور توسعه فناوری در کشورهای متأخر نقش‌آفرینی می‌کند (میری مقدم و قاضی‌نوری، ۲۰۱۷). یک پروژه پیچیده زمانی موفق محسوب می‌شود که بتواند مشکلات فعلی و آتی مشتری خود را حل کند.

### نتیجه‌گیری

یادگیری فناوری در محصولات پیچیده به دلیل اینکه با تکرار کم اما هزینه و زمان زیاد تولید می‌شوند و هرگونه خطایی در مرحله‌های مختلف ساخت محصول پیچیده، تبعات زیادی به دنبال دارد، از اولویت بالایی برخوردار است. همچنین یادگیری فناوری منجر به ایجاد قابلیت و توانمندی فناوری و در نهایت تسریع در توسعه‌یافتگی کشورهای در حال توسعه می‌شود. طی این تحقیق مطالعه و بررسی یادگیری فناوری در پروژه محصول پیچیده با مورد مطالعه پروژه قطار ملی مترو، انجام شد. قطار مترو شامل ویژگی‌های محصول پیچیده است و در زمره آن قرار می‌گیرد (صفدری و قاضی‌نوری، ۲۰۲۲). قطار مترو مانند سایر محصولات پیچیده، از تعداد زیادی مولفه مبتنی بر فناوری جدید تشکیل شده است (هابدی، ۱۹۹۸؛ نیو و وستبوک، ۲۰۰۴) که تسلط بر تمام دانش، فناوری و مهارت لازم برای تولید آن در یک شرکت واحد، دشوار است (هابدی و همکاران، ۲۰۰۵؛ کورنلیوس و همکاران، ۲۰۰۶؛ زیرپولی و بکر، ۲۰۱۱) و عاملی به‌عنوان یکپارچه‌ساز سیستم به‌منظور ادغام دانش و فناوری نیاز دارد (آچا و همکاران، ۲۰۰۷). در پروژه قطار ملی مترو یادگیری فناوری عمدتاً از طریق یادگیری در حین انجام کار و یادگیری در حین استفاده کردن (کاهولی - براهمی، ۲۰۰۸) از محصول قبلی که از منابع خارج کشور (علی‌احمدی و همکاران، ۲۰۱۷؛ کیم، ۲۰۰۱) تهیه شده بود، انجام شده و از سبک یادگیری تجربه‌بنیاد (میری‌مقدم<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۵) تبعیت کرده است. فراتر از ابعاد مهندسی و یکپارچه‌سازی در یک پروژه محصول پیچیده، مباحث مرتبط با یادگیری فناوری و همچنین حفظ و توسعه یکپارچه‌سازی

1 . Ali

2 . Mirimoghadam

مدیریتی در ابعاد مدیریت پروژه و مدیریت فناوری حایز اهمیت است. بر اساس مراحل تحقیق، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، مدلی برای توسعه قابلیت یکپارچه‌سازی در پروژه‌های محصول پیچیده بر اساس یادگیری فناوری ارائه شد. طی این مدل، توسعه دفتر مدیریت فناوری (شامل حوزه‌های مدیریت راه‌برد، انتقال، تحقیق و توسعه و نوآوری فناوری) و دفتر مدیریت پروژه (شامل حوزه‌های دانشی مدیریت و سبک‌های رهبری در پروژه) در تمامی سازمان‌های ذی‌نفع پروژه شامل کارفرما و پیمانکاران اصلی پیشنهاد می‌شود. یکی از الزامات اجرایی برای یادگیری فناوری، سیاست‌گذاری صنعتی است که توسط نهادهای سیاست‌گذار انجام می‌شود. اما تضمین اجرای مدیریت مطلوب و موفقیت پروژه، لحاظ کردن شرط ایجاد یا وجود این دفاتر مدیریتی در شرکت‌های تأمین‌کننده یا پیمانکار است که از طریق آن‌ها ارتباط و تعامل فنی-مهندسی و مدیریتی با رویکرد یکپارچه‌سازی در همه ابعاد پروژه، قابل بررسی می‌شود. نقش این دفاتر می‌تواند به‌عنوان عامل «یکپارچه‌ساز سیستم» (آچا و همکاران، ۲۰۰۷) به‌منظور ادغام دانش و فناوری منظور شود.

یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر این بود که با فرایند یادگیری فناوری در پروژه‌های محصول پیچیده به‌شکل یکجا برخورد شد درحالی‌که امکان دارد تحقیقات بعدی، هر یک از مراحل یادگیری فناوری را به‌صورت جداگانه تحلیل کرده و عوامل و نهادهای مؤثر بر آن را استخراج کنند.

### سیاسگزاری

یکی از چالش‌ها و محدودیت اصلی انجام پژوهش حاضر دسترسی به افراد ذی‌نفع در پروژه قطار ملی به‌عنوان پروژه محصول پیچیده بود که تا حد زیادی از طریق جلسات تلفنی قبل از هماهنگی برای مصاحبه و نیز توضیحات ارائه شده در بدو جلسات مصاحبه برطرف شد. همچنین هماهنگی با افراد موردنظر برای مصاحبه با همکاری‌های اثرگذار نهاد دولتی معاونت علم و فناوری به‌ویژه مدیریت و اعضای ستاد فناوری‌های حوزه فضایی و حمل‌ونقل پیش‌رفته تسهیل شد. از این طریق، از همکاری ایشان و نیز مشارکت‌کنندگان در مصاحبه‌های انجام شده، قدردانی می‌شود.

## منابع

- Acha, V., Brusoni, S., & Prencipe, A. (2007). Exploring the miracle: Strategy and management of the knowledge base in the aeronautics industry. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 4(01), 15-39.  
<https://doi.org/10.1142/s021987700700093x>
- Ali, A., Ghazinoory, S., Hassanzadeh, A., & Majidpour, M. (2016). Effect of technology transfer actors on technological learning; Case study of Syrian textile industry [In Persian]. *Journal of Technology Development Management*, 4(2), 99-132.  
<https://doi.org/10.22104/jtdm.2017.2066.1720>
- Aliahmadi, A., Bonyadi Naeini, A., & Taghavi, M. H. (2017). Proposing a superior model to localize technology in petrochemical industry by using of fuzzy multi-criteria decision-making method [In Persian]. *Modiriat-e-farda*, 49(49), 3-25.  
<http://modiriyatfarda.ir/en/Article/24926>
- Baccarini, D. (1996). The concept of project complexity-A review. *International journal of project management*, 14(4), 201-204.  
[https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00093-3](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00093-3)
- Bryant, A. (2017). *Grounded theory and grounded theorizing: Pragmatism in research practice*. Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199922604.001.0001>
- Cornelius, B., Landström, H., & Persson, O. (2006). Entrepreneurial studies: The dynamic research front of a developing social science. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 30(3), 375-398. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2006.00125.x>
- Crawford, L., Morris, P., Thomas, J., & Winter, M. (2006). Practitioner development: From trained technicians to reflective practitioners. *International Journal of Project Management*, 24(8), 722-733. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.010>
- Ghazinoory, S., Mohajeri, A., Kiamehr, M., & Danaeefard, H. (2021). Technological learning in large firms: mechanism and processes. *Interactive Learning Environments*, 1-22. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1995761>
- Ghazinoory, S., & Mohajeri, A. (2019). Technological learning and its promotion policies [In Persian]. *Journal of science & Technology Policy*, 12(2), 439-454.  
[https://jstp.nrisp.ac.ir/article\\_13711.html](https://jstp.nrisp.ac.ir/article_13711.html)
- Hobday, M. (1998). Product complexity, innovation and industrial organisation. *Research Policy*, 26(6), 689-710. [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(97\)00044-9](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(97)00044-9)

- Hobday, M., & Rush, H. (1999). Technology management in complex product systems (CoPS)-ten questions answered. *International Journal of Technology Management*, 17(6), 618-638. <https://doi.org/10.1504/ijtm.1999.002739>
- Hobday, M., Davies, A., & Prencipe, A. (2005). Systems integration: a core capability of the modern corporation. *Industrial and Corporate Change*, 14(6), 1109-1143. <https://doi.org/10.1093/icc/dth080>
- Kahouli-Brahmi, S. (2008). Technological learning in energy-environment-economy modelling: A survey. *Energy Policy*, 36(1), 138-162. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.09.001>
- Kim, L. (2001). The dynamics of technological learning in industrialisation. *International Social Science Journal*, 53(168), 297-308. <https://doi.org/10.1111/1468-2451.00316>
- Lall, S., & Urata, S. (2003). *Competitiveness, FDI and technological activity in East Asia*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781781950562>
- Matthies, B., & Coners, A. (2018). Double-loop learning in project environments: An implementation approach. *Expert systems with applications*, 96, 330-346. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.12.012>
- McLeod, L., Doolin, B., & MacDonell, S. G. (2012). A perspective-based understanding of project success. *Project Management Journal*, 43(5), 68-86. <https://doi.org/10.1002/pmj.21290>
- Miller, R., Hobday, M., Leroux-Demers, T., & Olleros, X. (1995). Innovation in complex systems industries: The case of flight simulation. *Industrial and corporate change*, 4(2), 363-400. <https://doi.org/10.1093/icc/4.2.363>
- Mirimoghadam, M., & Ghazinoory, S. (2017). An institutional analysis of technological learning in Iran's oil and gas industry: Case study of South Pars gas field development. *Technological Forecasting and Social Change*, 122, 262-274. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.004>
- Mirimoghadam, M., Ghazinoory, S., Towfighi, J., & Elahi, S. (2015). Technological learning in petroleum industry: Case study of development projects in South Pars gas field [In Persian]. *Journal of Science & Technology Policy*, 7(2), 17-34. <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/95397.pdf>
- More, H., & Khanapuri, V. (2019). Application of object-process methodology in project management - A Case study of Mumbai metro line 3. *INCOSE International Symposium*, 29(51), 123-137. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.2019.00674.x>

- New, S., & Westbrook, R. (2004). *Understanding supply chains: concepts, critiques, and futures*. OUP Oxford University Press.
- Nightingale, P. (2000). The product–process–organisation relationship in complex development projects. *Research policy*, 29(7-8), 913-930.  
[https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(00\)00112-8](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(00)00112-8)
- Project Management Institute. (2012). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (5th ed.).  
[https://ceulearning.ceu.edu/pluginfile.php/305454/course/overviewfiles/PMBOKGuide\\_5th\\_Ed.pdf?forcedownload=1](https://ceulearning.ceu.edu/pluginfile.php/305454/course/overviewfiles/PMBOKGuide_5th_Ed.pdf?forcedownload=1)
- Project Management Institute. (2017). A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide) (6th ed.).  
<http://faspa.ir/wp-content/uploads/2017/09/PMBOK6-2017.pdf>
- Remington, K., & Pollack, J. B. (2008). *Complex projects: What are they and how can we manage them more effectively?*. AIPM Project Management Conference, Australian Institute of Project Management. <http://hdl.handle.net/10453/17630>
- Ren, Y. T., & Yeo, K. T. (2006). Research challenges on complex product systems (CoPS) innovation. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 23(6), 519-529. <https://doi.org/10.1080/10170660609509348>
- Safdari Ranjbar, M., Ghazinoori, S., & Manteghi, M. (2022). Evolution of Iran's gas turbine sectoral innovation system as a complex product system (CoPS). *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 14(4), 1102-1116.  
<https://doi.org/10.1080/20421338.2021.1936888>
- San Cristóbal, J. R., Carral, L., Diaz, E., Fraguera, J. A., & Iglesias, G. (2018). Complexity and project management: A general overview. *Complexity*, 2018, 1-10.  
<https://doi.org/10.1155/2018/4891286>
- Williams, T. M. (1999). The need for new paradigms for complex projects. *International Journal of Project Management*, 17(5), 269-273.  
[https://doi.org/10.1016/s0263-7863\(98\)00047-7](https://doi.org/10.1016/s0263-7863(98)00047-7)
- Yassine, A. A. (2021). Managing the development of complex product systems: An integrative literature review. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(6), 1619-1636. <https://doi.org/10.1109/tem.2019.2929660>
- Zirpoli, F., & Becker, M. C. (2011). What happens when you outsource too much. *MIT Sloan Management Review*, 52(2), 59-64.  
<https://www.academia.edu/download/32048026/2.pdf>