واکاوی پدیده یادگیری فناوری در پروژه قطار ملی مترو: یک رویکرد پیمایشی

مقاله علمی – پژوهشی

الهام ذره پرورشجاع، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
سیدسپهر قاضی‌نوری*، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
سیدسروش قاضی‌نوری، گروه مدیریت و کارآفرینی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ghazinoory@modares.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰– پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵
صفحه ۲۸۸-۲۶۹

چکیده

حمل و نقل عمومی به‌عنوان یکی از معیارهای سنجش توسعه یافتگی کشورها قلمداد می‌شود. حمل و نقل ریلی درون‌شهری (مترو) -یکی از زیرشاخه‌های حمل و نقل عمومی- نقش قابل‌ملاحظه‌ای در این سنجش ایفا می‌کند. باتوجه به نیاز کشور در حرکت به سمت توسعه‌یافتگی، یکی از مواردی که باید بر آن تمرکز کرد، توسعه قابلیت بومی برای طراحی و تولید محصولات مرتبط با صنعت مترو بعنوان محصول پیچیده است. محصولات پیچیده از لحاظ فنی در شرکت‌های پیشرفته تولید می‌شود، کالاهای سرمایه‌ای با فناوری‌های پیشرفته که سرمایه‌گذاری در آن، یکی از نشانه‌های مهم قدرت اقتصاد ملی است. از آنجاییکه این محصولات بطور قابل ملاحظه‌ای سرمایه‌بر و زمان‌بر و دارای عمر بلندمدت هستند، بومی‌سازی از طریق یادگیری فناوری باید بصورت مدیریت شده انجام شود. در این مقاله، مسیر یادگیری فناوری و اقدامات انجام شده در پروژه قطار ملی مترو براساس استراتژی پدیدارشناسی مورد بررسی قرار گرفت. پس از بررسی شواهد، مطالعات میدانی، کتابخانه‌ای و اطلاعات از جنس الزامات مدیریت پروژه و یادگیری فناوری، داده‌ها از طریق انجام مصاحبه‌های باز با مدیران سطح بالا در شرکت‌های ذینفع پروژه مترو گردآوری و تحلیل داده‌ها با نگاهی انتقادی و در قالب نقشه راه نظریه داده‌بنیاد از طریق کدگذاری (کدگذاری باز شامل (مقدماتی، اولیه، مقوله‌بندی) و در نهایت بلوک‌بندی و کدگذاری محوری) با استفاده از نرم‌افزار تحلیل کیفی مکس‌کیودی‌ای۲۰۲۰ انجام شد. با توجه به اینکه هریک از تامین‌کنندگان اصلی، روشی برای یادگیری و استفاده فناوری کسب شده دارند، نیاز است مدیریت یکپارچه‌سازی نیز نظیر علوم مهندسی آموزش و توسعه داده شود. مالکیت فناوری یکی از خلاهای قراردادی در روند اجرای پروژه است و درعین حال اجرای پروژه قطار ملی مترو منجر به تحقق بومی‌سازی و اهدافی نظیر توسعه ملی، افزایش اشتغال، کاهش هزینه‌های ساخت، افزایش سهم داخلی‌سازی با استفاده از توانمندی دانش و فناوری سازندگان بومی، شد.

واژه‌های کلیدی: سامانه‌ها و محصولات پیچیده (CoPS)، قطار ملی مترو، یادگیری فناوری

۱-مقدمه

حمل و نقل، زیربنای یک جامعه پیشرفته می‌باشد و سرمایه‌گذاری در بخش حمل و نقل عمومی برگشت‌پذیر و پرسود بوده و باعث افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود. به هر میزانی که شبکه حمل و نقل عمومی توسعه یابد، هزینه تردد شهری حتی تا دو برابر آن میزان، کاهش می‌یابد. حمل و نقل ریلی را می‌توان قلب حمل و نقل عمومی دانست (یوآی‌تی‌پی، ۲۰۲۱). حمل و نقل شهری یکی از مشکلات بزرگ کلان شهرهای ایران است و برای حل این معضل احداث سامانه‌های ریلی به‌عنوان ساختاری چندوجهی که جریان مداوم افراد و کالاها را از طریق شریان‌های آن امکان‌پذیر می‌کند (مکنزی، گزارش ۲۰۲۱)، اجتناب‌ناپذیر است. مطالعات اخیر نشان داده است که بخش حمل و نقل عمومی ۱۵ میلیون اشتغال در سطح دنیا ایجاد کرده است. اشتغال در بخش حمل و نقل عمومی تنها به راهبری قطار،

تعمیر و نگهداری و خدمات محدود نمی‌شود بلکه تامین‌کنندگان ناوگان، سازندگان زیرساخت‌ها، مهندسین عمران، علایم، فناوری اطلاعات و غیره را نیز شامل می‌شود. بطوریکه یک میلیارد یورو سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های ریلی به تولید ۳۰۰۰ شغل مستقیم منجر می‌شود. در کشورهای غربی به‌ازای هر شغل مستقیم، بین ۲,٦ تا ٤ شغل غیرمستقیم ایجاد می‌شود (خبر بین‌المللی مترو تهران، ۱۳۹۷). مدیر کارگروه تولید پروژه قطار ملی مترو، طی مصاحبه‌ای نیاز به تولید ۳۰۰۰ دستگاه واگن برای برای طرح‌های توسعه ٤ خط جدید (۸، ۹، ۱۰، ۱۱) را مطرح کرد. هزینه خرید این تعداد واگن ۳ میلیارد و ٦۰۰ میلیون دلار می‌باشد.

چنانچه داخلی‌سازی صورت پذیرد، علاوه بر کاهش چشم‌گیر هزینه (۲۰درصد)، حداقل تا ده سال آینده برای ۱۵۰۰۰ نفر شغل پایدار ایجاد خواهد شد. مطابق یافته‌های جودکی و همکاران (۱۳۹۷) ظرفیت تولید اشتغال در بخش حمل و نقل، انبارداری و پست، ۹۵٤٤۸ نفر در سال است (جودکی و صادقی، ۱۳۹۷).

برحسب اهداف و وظایف، سامانه‌های حمل و نقل ریلی به سه گروه اصلی قطار شهری (مترو)، تراموا و مونوریل تقسیم می‌شوند. در سطح دنیا حدود ۲۱۱ شهر در ٦۰ کشور قطار شهری دارند که ایران با داشتن ۵ شهر دارای سهم ۲درصدی از این آمار است (پایگاه داده‌ای متروی دنیا، ۲۰۱۷).

طبق پیش‌بینی انجمن بین‌المللی حمل و نقل تا سال۲۰۵۰، جابجایی مسافر ۲ تا ۳ برابر و حمل بار ۱,۵ تا ۲,۵ برابر افزایش خواهد یافت (شرکت آروپ، ۲۰۱۹). در این بین بنگاه‌هایی از کشورهای چین، کانادا، آلمان، فرانسه و امریکا در ساخت صنعت ریلی پیشرو هستند. باتوجه به سابقه بیست ساله مترو در ایران، صنعت ریلی مترویی کشور در مقایسه با کشورهای دیگر بسیار جوان است و می‌بایست برای رسیدن به سهم بالاتر حمل‌ونقل مسافر درون‌شهری توسط خطوط ریلی تلاش مضاعف صورت پذیرد.

براساس این پیش‌بینی و مطالعات مشابه پیش‌گفته، الزام داخلی‌سازی ۸۵ درصدی بخش حمل و نقل ریلی درون شهری در ماده ٥٤ برنامه پنجم توسعه پنج ساله ایران، دیده شده است. این امر، با همکاری وزارتخانه‌های صمت، کشور، راه و شهرسازی و معاونت علمی ریاست جمهوری ضمن حمایت از سازندگان داخلی تجهیزات مورد نیاز صنعت حمل و نقل ریلی شهری و بین‌شهری و خرید خارجی برخی تجهیزات موردنیاز، امکان‌پذیر است. بر اساس الزام ماده ٥٤، پروژه ساخت داخلی قطار ملی مترو با همکاری شرکت سی‌آرآرسی چین از سال ۱۳۹٦ آغاز شد. بنظر می‌رسد با توجه به پیشرفت قابل‌توجه ساخت این محصول تاکنون (۱٤۰۰)، موارد کلیدی و پراهمیتی در مسیر یادگیری فناوری برای ساخت این محصول پیچیده وجود داشته که بررسی علمی و عملیاتی آن ارزشمند است. با توجه به نیاز کشور و لزوم حرکت به سمت توسعه‌یافتگی، ضروری است براساس گام‌هایی که کشورهای پیشرفته برای تحقق اهداف توسعه‌ای برداشته‌اند، الگوهای لازم استفاده شود.

یکی از راه‌های تحقق هدف ماده ٥٤ برنامه پنجم توسعه، اکتساب و یادگیری فناوری مرتبط با آن است که از طرق مختلف صورت می‌پذیرد. از نتایج مهم یادگیری فناوری می‌توان تغییر تدریجی فناوری، انتشار بین‌المللی فناوری و تلاش‌های فناورانه بومی را نام برد. از نتایج قابل حصول یادگیری فناوری می‌توان به افزایش تولید ناخالص داخلی، توسعه اشتغال‌زایی و افزایش درآمد ناشی از آن اشاره کرد که با توسعه قابلیت و توانمندسازی بومی برای طراحی و تولید محصولات در این حوزه انجام می‌شود.

نکته حائز اهمیت در پروژه‌هایی نظیر ساخت واگن مترو، یادگیری فناوری با توجه به پیچیدگی محصول از دو بُعد فنی و مدیریتی آن است. پیچیدگی یکی از موانع شناسایی شده برای تحقق کامل یادگیری فناوری است که از دیدگاه‌های مختلف در ادامه مباحث معرفی می‌شود. معمولا بُعد فنیِ ساخت، به نحو مطلوب پیش می‌رود، ولی بُعد مدیریتی کمتر مورد توجه قرارگرفته یا بطور کامل مغفول می‌ماند. با توسعه توانمندی ملی در خصوص طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌ها و محصولات پیچیده، نیاز به جذب، توسعه، بومی‌سازی و یادگیری فناوری بیشتر احساس می‌شود و یادگیری مباحث مدیریتی در این حوزه نقش شایانی خواهد داشت. پژوهش حاضر برای دستیابی به مسیر طی شده به‌منظور ایجاد قابلیت فناورانه از طریق یادگیری فناوری شکل گرفته و طی آن تلاش شده است تا دستاوردهای ایجاد شده در مسیر یادگیری فناوری شناسایی شود. بدیهی است برخی موارد به‌عنوان دروس‌آموخته برای جلوگیری از اتلاف منابع، بروز ناکامی‌ها و یا بهینه‌سازی عملیات در مباحث فنی و مدیریتی، مورد شناسایی و معرفی قرار خواهد گرفت.

جدول ۱. اهم ویژگی‌های سامانه‌های محصول پیچیده

ویژگی	محققین/ صاحب‌نظران موافق
سطح بالای فناوری، زیرساخت، مهندسی و مهارت، نوآوری و دانش	هابدی ۱۹۹٤، هابدی ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹، بارلو ۲۰۰۰، گِیر ۲۰۰۰، رن ۲۰۰٦، چن ۲۰۰۷، انجای ۲۰۰۸، عزیزی ۲۰۱۰، سو ۲۰۱۲، دهقانی ۱۳۹٦، پاتاناکول ۲۰۱٦، لی ۲۰۱۸،
کالای سفارشی، تولید معدود، افتراق از تولید انبوه	میلر ۱۹۹۵، هابدی ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰، رن ۲۰۰٦
تعدد اجزا، شبکه‌های سازمانی، مشارکت و اتحادهای سازمانی، تعدد ذی‌نفعان، ارتباطات	هابدی ۱۹۹٤، ۱۹۹۵ و ۱۹۹۸، میلر ۱۹۹۵، کَش ۲۰۰۰، کیامهر ۲۰۱۵، رن ۲۰۰٦، عزیزی ۲۰۱۰، هانگ و هارتلی ۲۰۱۱، سو ۲۰۱۲، کاپور و مک‌گرث ۲۰۱٤، کافی و فاطمی ۲۰۱٤، دهقانی ۱۳۹٦، پاتاناکول ۲۰۱٦، عزیزی ۲۰۲۰
دارای رویکرد پروژه و مدیریت پروژه‌ای	میلر ۱۹۹۵، هابدی ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰، گان ۲۰۰۰، کیامهر ۲۰۱۵، رن ۲۰۰٦
دوره عمر طولانی، چرخه عمر بلندمدت	هابدی ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰، رن ۲۰۰٦، پاتاناکول ۲۰۱٦
ساختار پیچیده، سیستم پیچیده، نیاز به یکپارچه‌سازی سیستم	هابدی ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹، گان ۲۰۰۰، کیامهر ۲۰۱۵، رن ۲۰۰٦، کیم و وانگر ۲۰۱۲، عزیزی ۲۰۲۰
ارزش بالای مالی و سیاسی، قانونی، قیمت گذاری برحسب مذاکره، مبادلات کم	هابدی ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹، نایتینگل ۲۰۰۰، رن ۲۰۰٦، کافی و فاطمی ۲۰۱٤
هزینه بالا و کالای سرمایه‌ای	هابدی ۱۹۹٤ و ۱۹۹۹، میلر ۱۹۹۵، رن ۲۰۰٦، دهقانی ۱۳۹٦
ابهام، تغییر و عدم قطعیت در برنامه‌ریزی، اهداف، ساختار، حوزه کاری، منابع و فناوری	نایتینگل ۲۰۰۰، کیامهر ۲۰۱۵، کرافورد ۲۰۰٦، پاتاناکول ۲۰۱٦
یادگیری، کار با حلقه‌های بازخورد، اکتساب	هابدی ۲۰۰۰، گِیر ۲۰۰۰، کیامهر ۲۰۱۵، سو ۲۰۱۲

۲-پیشینه تحقیق

۲-۱-سامانه‌های محصول پیچیده

در کشورهای درحال‌توسعه یا کمترتوسعه‌یافته، دستیابی به علم و فناوری محصولاتی نظیر مترو که در زمره کالاهای سرمایه‌ای و محصولات پیچیده قرار می‌گیرند، از ملزومات خودکفایی در ساخت آنها است. لذا یادگیری فناوری در این محصولات، امری ضروری است که در نهایت منجر به بومی‌سازی و اشاعه فناوری وارداتی می‌شود. برای توضیح مفهوم پیچیده می‌توان گفت واژۀ پیچیده برای انعکاس تعداد اجزاء سفارشی شده، وسعت دانش و مهارت موردنیاز، دانش جدید به‌کاررفته در محصول و سایر ابعاد محصول به‌کار می‌رود. یکی از این ابعاد، هزینه بالای محصولات پیچیده به دلیل پیچیدگی و تعدد زیرمجموعه‌هاست. اغلب محصولات پیچیده با مشارکت سازمان‌های مختلف و در قالب پروژه‌های بزرگ ساخته می‌شود (میلر و دیگران، ۱۹۹۵). پیدایش مفهوم CoPS ابتدا توسط هابدی در ادبیات سیستم‌های نظامی، پیچیدگی‌های سیستم، مکتب سیستم‌های فنی بزرگ، مدیریت پروژه و مطالعات سازمان صنعتی مطرح شد. محصولات پیچیده از لحاظ فنی در شرکت‌های پیشرفته تولید می‌شود، کالاهای سرمایه‌ای با فناوری‌های پیشرفته است و سرمایه‌گذاری در ایجاد ظرفیت برای تولید آنها، یکی از نشانه‌های مهم قدرت اقتصاد ملی است. در حوزه سامانه‌های محصول پیچیده ساختار صنعت به‌طور عمده متشکل از تعداد بسیار کمی از بنگاه‌های بسیار بزرگ تأمین‌کننده، سازنده و مشتری است. این تعداد کم بنگاه‌ها همگی در فرایند طراحی، تحقیق و توسعه، یکپارچه سازی سیستم‌ها، بهبودهای آتی محصول و نگهداری محصول مشارکت دارند (هابدی و راش، ۱۹۹۹). در اکثر تحقیقات انجام شده، صاحب‌نظران مصادیقی از CoPS را که توسط هابدی معرفی شده است، برمی‌شمارند.

این موارد عبارتند از: سیستم‌های کنترل هواپیما، ساختمان‌های هوشمند، موتور هواپیما، نیروگاه‌های هسته‌ای، سیستم هدایت خودکار هواپیما، سکوی حفاری، ناوهای جنگی، تجهیزات پالایش نفت، پل‌ها، برج‌های مخابراتی، شبکه‌های اطلاعاتی تجاری، سیستم مدیریت ترافیک جاده‌ای، توربین گازی ترکیبی، تجهیزات چرخ و فلک، اسکله و بندر، ایستگاه فضایی، سدها، سیستم تامین آب، سیستم کنترل شبکه برق، ابررایانه‌ها، بالگرد، ماشین‌های مسابقه‌ای، قطارهای سریع‌السیر، مخازن نفتی، شبکه‌های اطلاعات کسب و کار، سیستم‌های ماهواره، باند فرودگاه، سیستم‌های آب و فاضلاب، تصفیه‌خانه، زیردریایی، سیستم موشکی، ساختمان‌های بزرگ. اما از آنجا که پیچیدگی در CoPS دارای طیف وسیعی است، به‌نظر می‌رسد بتوان به این فهرست، مواردی که دارای سطح بالای فناوری، دانش

فنی که ساختهٔ بشر هستند از قبیل شبیه‌ساز پرواز، شبیه‌سازهای پیش‌بینی گردباد، سیستم‌های جابجایی‌های عظیم و در دنیای امروز سیستم‌های پیچیده هوشمند چندکاره، سیستم یادگیری ماشین و... را نیز اضافه کرد. همچنین واگن مترو از حیث دسته‌بندی در جایگاه محصولات پیچیده قرار می‌گیرد. از آنجاییکه ساخت این محصولات به واسطه ماهیت آن، بسیار هزینه‌بر و زمان‌بر بوده و با صرف منابع قابل‌ملاحظه‌ای صورت می‌پذیرد، می‌بایست فرایند یادگیری فناوری تا حد ممکن به‌طور کامل انجام شود تا از بسیاری دوباره‌کاری‌ها و هدررفت منابع جلوگیری شود.

براساس ادبیات پیشین، محققین زیادی در پژوهش‌های خود، در حوزه سامانه‌های محصول پیچیده، به بحث و بررسی در این خصوص پرداخته و تعاریف و خصیصه‌های این نوع محصولات را تکمیل کرده‌اند. در جدول ۱ دسته‌بندی تعاریف و ویژگی‌های CoPS که برخی از محققین و صاحب‌نظران ارایه کرده‌اند، جمع‌آوری شده است.

۲-۲-مدیریت پروژه‌های ساخت محصولات پیچیده

یک سازمان با کمک مدیریت پروژه قادر به مدیریت منابع کمیاب، مقابله با پیچیدگی فنی، کاهش زمان تولید یا توسعه محصول و حمایت از حقوق و رضایت ذینفعان خواهد بود. مدیران پروژه از ابزارها و تکنیک‌های مختلفی در مراحل مختلف چرخه عمر پروژه استفاده می‌کنند. در تعریف CoPS، عدم قطعیت به معنای وقایع نوظهور و درخواست‌های مشتری (کیامهر و دیگران، ۲۰۱۵)، ابهام و عدم قطعیت در پروژه (کرافورد و دیگران، ۲۰۰۶) و نیز تغییرات در فناوری (پاتاناکول و دیگران، ۲۰۱۶) می‌باشد. در این تعاریف تشابهاتی نظیر عدم قطعیت و ثبات در فناوری مشاهده می‌شود. از سوی دیگر طبق یافته‌های باکارینی (۱۹۹۶) دو مبحث تمایز و وابستگی در پروژه‌های CoPS، به صراحت مشاهده می‌شود (باکارینی، ۱۹۹۶). نوری و عزیزی (۲۰۲۰) نیز در تحقیقی که به الزامات و چالش‌های مدیریت پروژهٔ CoPS پرداخته، پروژه‌های پیچیده را پروژه‌هایی با سطح غیرمعمولی از عدم قطعیت و پیش‌بینی‌ناپذیری می‌داند که عوامل اثرگذار آن خارج از کنترل مستقیم مدیر و تیم پروژه است (عزیزی، ۲۰۲۰). بر همین اساس، اینکه هر پروژهٔ پیچیده‌ای، CoPS شناسایی شود، بر مبنای درستی پایه‌گذاری نشده است. در برخی موارد، پروژه‌های پیچیده شروط کافی برای CoPS بودن را دارا نیستند. این شروط شامل ویژگی‌هایی نظیر سرمایه‌ای بودن، دارا بودن سطح بالایی از مهندسی، دانش و فناوری و غیره است که در جدول ۱ به اختصار به آنها اشاره شد. از طرف دیگر شباهت‌هایی نظیر چرخهٔعمر بلندمدت، دوره عمر طولانی، هزینهٔ بالا، تعدد ذینفعان و غیره می‌تواند پروژهٔ پیچیده را به پروژهٔ CoPS تبدیل کند به شرط آنکه سایر ویژگی‌ها نظیر فناوری سطح بالا را نیز شامل شود. مور و کاناپوری (۲۰۱۹) در بررسی مدیریت پروژه خط ۳ متروی بمبئی، طی مقایسه‌ای بین روش‌های معمول مدیریت پروژه براساس نمودار گانت و روش مدیریت مبتنی بر اشیاء و فرایندها در پروژه دریافت که نمودار گانت ماهیت خطی دارد و ترافیک و انحراف ابزارها، به‌دلیل تعدد فعالیت‌های موازی است که منتج به تاخیر در یافتن فعالیت‌های ورودی و خروجی فعالیت‌ها است. اما در روش‌شناسی شیء-فرایندکه عمدتاً با درنظر گرفتن مهندسی سیستم، استفاده از دیاگرام و نمایی از محصول، نمایش صریحی از فعالیت‌های موازی و ارتباط متقابل آنها با سایر فعالیت‌ها را ارائه و اطلاعاتی در مورد رابطه تقدم و تاخر فعالیت‌ها ایجاد می‌شود (مور و کاناپوری، ۲۰۱۹). یاسین (۲۰۱۹) در نگاهی که بر ادبیات محصولات پیچیده داشته است، از رویکرد تجزیه سلسله مراتبی اجزای سیستم‌های پیچیده به عناصر کوچک‌تر مبتنی بر عملکرد و دسته‌بندی آنها اشاره کرده است. این عناصر تا جایی تجزیه می‌شوند که به سطح ابتدایی برسند. یاسین این تجزیه‌پذیری را که توسط سایمون (۱۹۶۹) تجزیه‌پذیری نزدیک بیان شده به عنوان یکی از ویژگی‌های محصولات پیچیده مطرح کرده است. تجزیه‌پذیری نزدیک زمانی اتفاق می‌افتد که برهم‌کنش بین زیرسیستم‌ها در یک محصول پیچیده، ضعیف‌تر از برهم‌کنش‌های درون آنها باشد (یاسین، ۲۰۱۹). چنانچه بیان شد مور و کاناپوری (۲۰۱۹) برای شکست فعالیت‌ها و اجزا از نمودار شیء-فرایند بهره گرفت همانطور که یاسین (۲۰۱۳) طی بررسی ادبیات موجود روش‌هایی نظیر روش ماتریس ساختار طراحی، نمودار ساختار کاربردی، استقرار تابع ماژولار، را پیشنهاد می‌دهد.

۲-۳-قطار ملی مترو به‌عنوان یک محصول پیچیده

طبق گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، نیاز واقعی ناوگان حمل‌ونقل ریلی در دو بخش نوسازی ناوگان

فرسوده و افزایش تعداد ناوگان به منظور توسعه حمل‌ونقل ریلی قابل طرح است (بهزادی و دیگران، ۱۳۹۹). طبق قانون توسعه حمل و نقل و مدیریت مصرف سوخت سهم قطار شهری در جابجایی مسافر در ناوگان حمل و نقل عمومی در افق ۱۴۰۴ در تهران بایست به ۲۴درصد و در کل کشور به ۴۴درصد برسد. با توجه به پیشرفت‌های قابل توجه کشور در زمینه‌های حفر تونل، ریل‌گذاری، ساخت و تهویه ایستگاه‌ها و غیره از یکسو و تیراژ بالا و نیاز فوری کلان‌شهرها به واگن مترو از سوی دیگر و همچنین اقدام برای تحقق الزام قانون، تمرکز بر داخلی‌سازی در وسایط نقلیه ریلی ضروری می‌باشد؛ چرا که با وجود سابقه بالای طراحی و ساخت در واگن مترو با همکاران خارجی مبتنی بر تأمین مالی کشورهای دیگر، توان داخلی تاکنون تجمیع و یکپارچه نشده است و درصورت ادامه این مسیر نیز محقق نخواهد شد (بهزادی و دیگران، ۱۳۹۹). قطار مترو کالایی سرمایه‌ای با دوره عمر طولانی و چرخه عمر بلندمدت است که نیاز به فناوری سطح بالا و مهارت و نوآوری در ساخت دارد.

تعداد زیادی متخصص با استفاده از دانش و تجربه، در پروژه ساخت واگن قطار مترو که دارای زیرسیستم‌های متعدد و مرتبط با هم است، فعالیت دارند. همچنین مشتری یا سفارش‌دهنده اصلی این پروژه، دولت یا نهادهای دولتی هستند. همانطور که مشاهده می‌شود، قطار مترو، طیف وسیعی از ویژگی‌های محصول پیچیده که در جدول ۱ دسته‌بندی شده است را پوشش می‌دهد، لذا می‌توان آن را در زمره محصولات پیچیده به شمار آورد. به‌نظر می‌رسد رویکرد مور و کاناپوری (۲۰۱۹) و یاسین (۲۰۱۹) می‌تواند در مدیریت پروژه‌های محصولات پیچیده مثمر فایده باشد. این امر با توجه به تقسیم ماژولار محصول نهایی بین ذینفعان اصلی (سازندگان اصلی) بطور تجربی در پروژه قطار ملی مترو انجام شده است.

۲-۴-زنجیره تامین قطار ملی مترو

زنجیره تامین شبکه‌ای از سازمان است یک یا چند جریان بالادستی یا پایین دستی محصولات، خدمات، امور مالی و اطلاعات از یک منبع به یک مشتری مرتبط می‌کنند. همانطور که در مقدمه مباحث مطرح شد، تولید در صنعت ریلی به دلیل پیچیدگی فرایند، تولید قطعاتی مانند چرخ و محورها و خاص بودن قطعاتی مانند سیستم رانش، ترمز و تهویه قطار، در انحصار چند کشور قرار دارد. بنابر نظر متخصصان این صنعت، ساخت واگن مترو دارای پیچیدگی بالایی بوده و حتی در کشورهای پیشرو، تامین تمامی قطعات و تجهیزات بصورت بومی انجام نمی‌شود. با در نظر گرفتن خصوصیت‌های صنعت ریلی ازجمله دوام و عمر بالای قطعات نسبت به سایر وسایل نقلیه عمومی، بومی‌سازی کامل در این صنعت برای همه کشورها از جمله ایران مقرون‌به‌صرفه نبوده و تهیه آن از کشورهای تولیدکننده انحصاری آن منطقی‌تر به نظر می‌رسد. اما با توجه شرایط و امکانات ایجاد شده در کشور و با الزام قانون، تولید واگن قطار مترو با سهم ۸۵٪ تولید داخلی در دستور کار شرکت‌های داخلی قرار گرفت. درحال حاضر تعدد شرکت‌های واگن‌ساز و ملحقات آنها و وجود نیروی متخصص در سطح کشور به‌گونه‌ای است که با اولویت گرفتن نوسازی ناوگان فعلی، شرکت‌های داخلی توانمندی ساخت و تأمین نیاز داخل را دارند. در عین‌حال مدیریت اجزای زنجیره تامین به‌عنوان ذینفعان اصلی، به منظور تجمیع و انباشت قابلیت‌ها و یادگیری فناوری دارای محدودیت‌ها و شرایطی است که نیاز به توجه ویژه دارد. مدیران محصولات پیچیده باید استراتژی‌های مدیریت ذینفعان خود را با ماهیت متغیر زمینه تنظیم کنند (لتینن و دیگران، ۲۰۱۸). هماهنگی و یکپارچه‌سازی اجزا و سیستم‌های فرعی در محصولات پیچیده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بایستی در انتخاب تأمین‌کنندگان برای مؤلفه‌ها و سیستم‌های مهم و پیچیده، معیارهایی از قبیل میزان انطباق و هماهنگی بین تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شود. در پروژه قطار ملی مترو، ماژول‌هایی براساس توانمندی سازندگان تعریف و هر بخش اصلی به یکی از سازندگان محول شد بدین صورت که ساخت سیستم رانش توسط متخصصان جهاد دانشگاهی علم و صنعت، سیستم بوژی توسط شرکت مپنا لوکوموتیو، سیستم بدنه و تزئیات داخلی و همچنین جمع‌بندی و نهایی‌سازی محصول توسط شرکت واگن‌سازی تهران انجام شد. یادگیری فناوری طی سالیان در مراحل و فازهای مختلف محصول انجام شده و هریک از شرکت‌های نامبرده از دانش و تجربه کسب شده در ساخت پروژه قطار ملی مترو، بهره گرفته‌اند. اما این سوال مطرح می‌شود که نقش یکپارچه‌کننده و یا به‌عبارتی هسته مرکزی تجمیع دانش و تجربه، جذب فناوری و توانمندسازی انجام شده در پروژه به‌منظور بومی‌سازی و دستیابی به فناوری برعهده چه سازمان یا گروهی بوده است و انباشت یادگیری و قابلیت فناوری چگونه صورت گرفته است؟

۲-۵-یادگیری فناوری

اگرچه یادگیری فناوری به‌تنهایی موجب توسعهٔ صنعتی نخواهد شد، ولی نقشی پر اهمیت در صنعتی شدن کشورهای در حال توسعه دارد. برای کشورهای در حال توسعه حرفه‌ای شدن در فناوری (اکتساب و جذب فناوری) با اهمیت است و یادگیری، نقش مهمی در نوآوری فناورانه ایفا می‌کند. بعد از این مرحله است که حرفه‌ای شدن در فناوری اتفاق خواهد افتاد (عطارپور، ۱۳۹۳). لل و اوراتا (۲۰۰۳) به دلیل آنکه بسیاری از عوامل در یادگیری فناوری ضمنی بوده ویا در نهاد انسان‌ها و سازمان‌ها نهفته است، یادگیری فناوری را فرایندی پیچیده می‌دانند. در تعریفی دیگر، یادگیری فناوری تاثیر مکانیزم‌هایی است که در اثر افزایش دانش ناشی از یادگیری، می‌تواند هزینهٔ متوسط تولید را کاهش داده و در نتیجهٔ افزایش تولید تجمعی به‌کار می‌رود (کاهولی- براهمی، ۲۰۰۸).

۱. یادگیری در حین انجام کار؛
۲. یادگیری در حین تحقیق کردن؛
۳. یادگیری در حین استفاده کردن؛
٤. یادگیری ناشی از ارتباط بر قرار کردن و صرفه‌های ناشی از مقیاس.

علاوه‌برآن، شرکت‌ها سعی می‌کنند با استفاده از روش‌هایی مانند ایجاد نظام علم و فناوری سازمانی، یادگیری از طریق تغییرات فناورانه محیطی، استفاده از نیروهای متخصص سایر شرکت‌ها و استخدام آنها، آموزش منابع انسانی و ایجاد حلقه‌های بازخورد برای تشدید میزان یادگیری‌ها، مبادرت به افزایش یادگیری سازمانی نمایند (شفیعا و همکاران، ۱۳۹۵). در ادبیات یادگیری برای درک پیچیدگی و پویایی تغییرات در سیاست‌ها، اهداف، ساختارها و استراتژی‌ها، سطوح یادگیری مطرح می‌شود که بر مبنای نحوه بازخورد به سه دسته کلی (یادگیری صفر و یادگیری تک‌حلقه‌ای، دوحلقه‌ای، سه‌حلقه‌ای) تقسیم می‌شود. این سطوح پیش شرط بقاء و موفقیت در محیط‌های پیچیده و پویا یا به‌عبارت دیگر پروژه‌های CoPS است. (جورجس، ۱۹۹۹). در یادگیری تک‌حلقه‌ای علیرغم تشخیص خطا، سازمان مجاز است سیاست‌های فعلی خود را ادامه دهد تا به اهداف فعلی خود برسد (آرگیریس، ۱۹۷۷). یادگیری دوحلقه‌ای یا فرایند تحول، در صورتی موفق است که خطای شناسایی شده از طریق روش‌هایی نظیر تغییر هنجارها، سیاست‌ها و اهداف اساسی یک سازمان، اصلاح شود (آرگیریس، ۱۹۷۷). یادگیری سه‌حلقه‌ای، یادگیری عمیق، سراسری و همه‌گیر است به‌نحوی که اعضا کشف می‌کنند که چگونه آنها و سایر اعضا در گذشته، یادگیری را تسهیل یا مهار کرده‌اند و ساختارها و استراتژی‌های جدیدی را برای یادگیری تولید می‌کنند. به‌عبارت دیگر، یادگیری سه‌حلقه‌ای، توانایی یادگرفتن دربارهٔ یادگیری است (سبحانی نژاد و همکاران، ۱۳۸۵). آرگیریس (۱۹۹۷) در تحقیقی به بررسی نقش یادگیری دوحلقه‌ای در تسهیل ظرفیت سازگاری یک سازمان می‌پردازد، اما به نظر می‌رسد اکثر سازمان‌ها در یادگیری به صورت دوحلقه‌ای، مشکلات زیادی دارند (آرگیریس، ۱۹۹۷). این بدان معنی است که از درس‌های آموخته شده، نه‌تنها برای حل مسأله در شرایط مشابه در آینده استفاده می‌شود، بلکه برای ارزیابی مجدد و اصلاح استانداردهای اساسی، سیاست‌ها، رویه‌ها و اهداف کل سازمان نیز بهره‌برداری می‌شود (کانتامارا و راکتام، ۲۰۱٤). وجود مخازنی برای ثبت و بهره‌برداری دانش در یک سازمان (فرایندمحور، وظیفه‌گرا ویا پروژه‌محور)، سرمایه‌ای مهم است که سازمان را به سازمان یادگیرنده مبدل می‌سازد (دیستر، ۲۰۰۲). بر همین اساس مسأله‌ای که در ذهن متبادر می‌شود این است که آیا یادگیری فناوری با هریک از سطوح یادگیری ذکر شده، تطابق دارد و مساله دوم اینکه آیا با تحقق یادگیری سازمانی، یادگیری فناوری محقق می‌شود؟

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. انواع یادگیری که منتج به توسعهٔ فناوری می‌شود را در دو دسته تقسیم می‌کنند:

- تسلط فناورانه: شرکت‌ها یاد می‌گیرند که چگونه فناوری‌های محصول ساده را به‌کار گیرند.
- تعمیق فناورانه: شرکت‌ها وظایف بزرگ‌تر و با ارزش‌افزوده بیشتر را یاد می‌گیرند. درواقع این مرحله، گذر تطبیق فناوری به نوآوری فناوری است (لَل و اوراتا، ۲۰۰۳).

به منظور دستیابی به توانمندی فناوری، می‌بایست یادگیری فناوری توسط سازمان‌های ذیربط تقویت شده و از منابع لازم بهره‌گیری صورت پذیرد. این منابع در سه دسته کلی (منابع خارج از کشور: دانشگاه‌ها، سازمان‌های دانش‌بنیان خارجی و ...؛ منابع داخل کشور: دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و ...؛ منابع

درون سازمانی) قرار می‌گیرند (شفیعا وهمکاران، ۱۳۹۵؛ کیم، ۲۰۰۱). از نظر مالربا (۱۹۹۲)، هر یک از شش فرایند یادگیری فناوری قابل شناسایی است که هریک از آنها از منبع خاصی از دانش فناورانه استفاده می‌کنند (مالربا، ۱۹۹۲):

فرایندهایی که از منابع داخلی استفاده می‌کنند:

-یادگیری از طریق انجام: یادگیری در طول عملیات تولید در داخل شرکت

-یادگیری با استفاده: یادگیری با استفاده از ورودی‌ها، ابزارها، تجهیزات، محصولات و ماشین‌آلات در داخل شرکت

-یادگیری از طریق جستجو: فعالیت‌های رسمی یادگیری برای ایجاد دانش و جستجو برای دانش مانند تحقیق و توسعه

فرایندهایی که از منابع داخلی استفاده می‌کنند:

-یادگیری از پیشرفت‌های علم و فناوری: یادگیری و جذب پیشرفت‌های جدید در علم و فناوری

-یادگیری از سرریزها: یادگیری از فعالیت‌های انجام شده توسط دیگران از جمله رقبا در صنعت

-یادگیری از طریق تعامل: یادگیری از طریق ارتباط با دیگران در صنعت از جمله تامین‌کنندگان و مشتریان (قاضی‌نوری و دیگران، ۲۰۲۱؛ مالربا، ۱۹۹۲).

پروژه‌های محصول پیچیده غالباً با سطح یادگیری پایین شناخته می‌شوند چراکه منحصر به‌فرد بوده و تنها یک‌بار انجام می‌شوند (نوری و عزیزی، ۲۰۲۰). اما با توجه به دانش و فناوری سطح بالا، یادگیری آن اهمیت زیادی در ایجاد مزیت رقابتی و همچنین مالکیت فناوری دارد. یکی از اهدافی که از شناسایی مکانیسم‌های یادگیری فناوری دنبال می‌شود کاهش هزینه‌های تولید، توسعه و نگهداری است (جانگیگر و دیگران، ۲۰۰۶). برای بدست آوردن قابلیت فناوری، تاکلا و فیگوردو (۲۰۰۶) نگاهی سه بخشی (۱. فعالیت‌های مهندسی و مدیریت پروژه، ۲. فرایندها و محصولات عملیاتی و ۳. تجهیزات فرایند) را بعنوان چارچوبی برای عملکرد فناوری مطرح کرده است. براساس مدل‌های انتشار فناوری، کشورهای در حال توسعه که معمولاً به عنوان متاخر شناخته می‌شوند، سعی می‌کنند با اتخاذ دانش فناوری و یادگیری از پیشگامان، وضعیت اقتصادی خود را بهبود بخشند، به این امید که شکاف خود را با مرز فناوری جهانی کم کنند. هر چه شرکت‌ها به این مرز نزدیک‌تر شوند، جریان دانش فناورانه پیچیده‌تر می‌شود (قاضی‌نوری و دیگران، ۲۰۲۱). این کشورها سعی می‌کنند با انباشت و بهبود قابلیت‌های فناوری خود در طول زمان از طریق انتقال فناوری و یادگیری فناوری، دانش و شکاف فناوری خود را با پیشروها کاهش دهند (فیگوردو و کوهن، ۲۰۱۹). براساس مطالب پیش‌گفته و ادبیات موجود، در مقاله حاضر تلاش شده است تا اقدامات انجام شده برای دستیابی به یادگیری فناوری و نتایج حاصل از آن در پروژه قطار ملی مترو شناسایی گردد.

تحقیقات پیشین انجام شده در خصوص یادگیری فناوری در ایران، در محصولاتی نظیر صنایع دفاعی (طبائیان و دیگران، ۱۳۹۲؛ صفدری‌رنجبر و دیگران، ۱۳۹۵)، صنعت نفت (میری و دیگران، ۱۳۹٤؛ صفدری‌رنجبر و دیگران ، ۱۳۹۵، نوذری و دیگران، ۱۳۹۹)، صنعت نساجی (عمار و دیگران، ۱۳۹۵)، صنعت برق (حسن‌زاده، ۱۳۹٦)، صنعت گاز (نیل‌فروشان و دیگران ۱۳۹٦)، صنعت فولاد (عطارپور و دیگران، ۱۳۹۷)، بانکداری اجتماعی (قاضی‌نوری و دیگران، ۲۰۱۹)، شهروند هوشمند (فلاح‌تفتی و دیگران، ۱۳۹۷)، صنایع دریایی دفاعی (ملکی کرم‌آباد و دیگران، ۱۳۹۹)، صنایع دارویی (کارگرشهامت و دیگران، ۱۳۹٦) و مواردی دیگر رصد شده است لیکن در حوزه صنعت ریلی و بطور خاص پروژه قطار ملی مترو که از آغاز آن زمان زیادی نمی‌گذرد، لازم است به پرسش‌های اصلی زیر پاسخ مناسب داده شود:

-یادگیری فناوری در پروژه قطار ملی مترو به تفکیک هریک از تامین‌کنندگان اصلی و در کل، طی چه مسیری انجام شده است؟

-چگونه می‌توان اطمینان یافت که اقدامات انجام شده منجر به یادگیری فناوری موثر شده و در آینده قابل بهره‌گیری است؟

-چگونه یادگیری فناوری در پروژه قطار ملی مترو، منجر به یکپارچه‌سازی مدیریت فناوری، دروس‌آموخته و تجارب در یک پروژه مشابه در حوزه محصولات پیچیده خواهد شد؟

۳-روش‌شناسی پژوهش

در هر تحقیقی بر اساس روش شناسی ویژۀ هر پژوهش، مسألۀ تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بخش، تلاش شده است تا وجوه متمایزکنندۀ این پژوهش به همراه گزینه‌های روش‌شناسی و دلایل انتخاب روش مورد استفاده تشریح شود. پژوهش حاضر با رویکرد کیفی از پارادایم انتقادی بهره گرفته است. هدف پژوهش در این پارادایم، انتقاد، تحول و تغییر در ساختارهاست (دانایی‌فرد و دیگران، ۱۳۹٤). مطابق آنچه در ادبیات پیشین بدست آمد (به‌عنوان مثال مباحث مرتبط با

بررسی یادگیری فناوری در صنایع گاز، نساجی، برق، نفت) براساس تجربیات محققین و همچنین توجه به ساخت قطار ملی مترو برای اولین بار در کشور، به‌نظر می‌رسد، رد پای مباحث مدیریت فناوری (هر دو بُعد فنی و مدیریتی)، در پروژه کمتر دیده شده است و بر همین پایه، محقق تحولاتی که نیاز است انجام شود را درک کرده است. این پژوهش با هدف واکاوی پدیده یادگیری فناوری مطرح شده است. از آنجا که یادگیری فناوری در محصولات مختلف و همین‌طور در کشورهای مختلف، به روش‌های گوناگونی انجام می‌شود، استراتژی یا نقشه راه تحقیق، پدیدارشناسی انتخاب شد که از طریق آن، کار توصیف، اکتشاف، تجزیه و تحلیل پدیدار (اعرابی و بودلایی، ۱۳۹۰)، انجام شود. به عبارتی پدیدارشناسی هم توضیح ذهن و هم توضیح و تفسیر محتوا است (اعرابی و بودلایی). برای دستیابی به پرسش‌های اصلی در پدیدارشناسی که چه چیزی تجربه شده و چگونه تجربه شده است (موستاکاس، ۱۹۹٤) و همچنین براساس شواهد، مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای و نیز اطلاعات از جنس الزامات مدیریت پروژه به منظور بررسی نحوه یادگیری فناوری در محصولات پیچیده، جمع آوری داده‌ها از طریق انجام مصاحبه‌های باز با ۷ نفر مدیران سطح بالا در شرکت‌های ذینفع پروژه قطار ملی مترو و تعداد ۲مصاحبه و ۳ مقاله در سایر محصولات پیچیده انجام پذیرفته که مورد بررسی و جمع‌بندی قرار می‌گیرد. این مصاحبه‌ها به صورت فایل صوتی ذخیره و برای سهولت و مستندسازی امر تجزیه و تحلیل داده، پیاده‌سازی شده و به صورت متن مورد استفاده قرار گرفته است. به منظور تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده، تحلیل محتوا با رویکرد تلخیص از روش کدگذاری بهره‌گیری شد. یکی از اهداف تحقیق، شناسایی نحوهٔ مدیریت و یکپارچه‌سازی یادگیری فناورانه در پروژه قطار ملی مترو است. بنابراین با توجه به اینکه علوم مدیریت به‌عنوان یک پدیدهٔ اجتماعی مطرح می‌شود، پژوهش حاضر در زمرهٔ تحقیقات واقع‌گرایانه است که طی آن واقعیاتی مستقل از افکار و باورهای انسان‌ها بررسی می‌شوند. مباحث مدیریتی، در برخی افراد به‌طور ذهنی، باورپذیر است و در برخی دیگر اعتقادی به لزوم استفاده از علوم مدیریت وجود ندارد. تحقیقات از نوع واقع‌گرایانه به ذهنیات افراد نپرداخته بلکه واقعیات مستقل از افکار ایشان بررسی می‌شوند. در بخش آتی، جزئیات موارد پیش‌گفته در اجرای تحقیق و نتایج گام به گام آنها مورد بحث قرار می‌گیرد و در انتهای تحقیق، یافته‌ها و نتایج پژوهش تبیین خواهد شد.

٤-گردآوری داده‌ها

از نظر سالدانا و اُبراین (۲۰۱٤) در یک پژوهش کیفی، نمونه باید غیراحتمالی و هدف‌مند انتخاب شود. از این‌رو در تحقیق حاضر تلاش شد تا با صاحب‌نظران و دست‌اندرکاران پروژه قطار ملی مترو در لایه‌های مدیریتی مطابق با جدول ۲ مصاحبه در مجموع به مدت ۵۰۱ دقیقه، از نوع باز صورت گیرد. بدین صورت که در ابتدای جلسه مصاحبه، محقق در خصوص مفاهیم موضوع تحقیق توضیحاتی ارایه کرده و بر این اساس، مصاحبه آغاز می‌شد. همچنین یکی از افراد متخصص در زمینه محصولات پیچیده با ارایه سه مقاله مرتبط با محصولات پیچیده، نظرات خود را بیان نمودند. در پژوهش حاضر با انجام ۹ مصاحبه و بررسی ۳ مقاله، اشباع نظری مقولات، به‌دست آمد. بدین معنا که با نگاهی انتقادی اما در قالب نقشه راه داده بنیاد، مفاهیم اولیه از واحدهای معنایی استخراج و دسته‌بندی و مقولات ایجاد شده است. این مقولات بصورت مستمر با مصاحبه‌های انجام شده، مطابقت داده می‌شود تا جاییکه دیگر نتوان واحد معنایی به آن اضافه کرد. این نقطه را (بیوک محمدی؛ اشتراوس و همکاران، ۱۳۹۰) نقطه اشباع تئوریک می‌خواند. از دیدگاه شاخص‌های جمعیت شناختی، تمامی مشارکت‌کنندگان، از لایه‌های مدیریتی بوده و از تحصیلات کارشناسی ارشد و بالاتر برخوردار هستند.

یافته‌های پژوهش

در اولین گام، ابتدایی‌ترین اقدام با هدف استخراج اطلاعات یا مفاهیمی که به صورت برچسب معنایی به واحدهای معنادار (متن، عکس، صوت، فیلم) از طریق نرم‌افزار مکس‌کیودی‌ای ۲۰۲۰ انجام شد. این کدگذاری اولیه پس از پیاده‌سازی مصاحبه‌ها در قالب فایل‌های متنی صورت پذیرفت. برای پایایی و روایی کدگذاری انجام شده، محقق با دو تن از خبرگان تحلیل کیفی برای تعریف مراحل تجزیه و تحلیل کیفی در فرایند کدگذاری مقدماتی مشورت و نظرات کارشناسی آنها را برای رمزگشایی از واحدهای معنادار و مشخص نمودن بخش‌های مهم‌تر در مشاهدات دریافت نموده است. از نظر برایانت ۲۰۱۷ اشباع نظری نقطه‌ای است که محقق در طی انواع طرح‌هایی که در آن کدگذاری وجود دارد برای مشخص کردن حجم نمونه استفاده می‌کند (برایانت، ۲۰۱۷). این نقطه همانطور که بیان شد نقطه‌ای است که مقولات به اشباع می‌رسند و دیگر اطلاعات جدیدی به آنها اضافه نمی‌شود.

براساس تحلیل محتوای پنهان مصاحبه‌ها تعداد کدهای اولیه ۱۵۸ استخراج شد (جدول ۳) و در مجموع با احتساب فراوانی تکرار کدها، تعداد آن به ۵۷۷ کد رسید. همچنین طی کدگذاری‌های انجام شده، نمودار علم‌سنجی هریک از اسناد استخراج شد و تعداد کدهای استخراج شده از هریک از واحدهای معنایی به شرح جدول۳ است. برای نمایش اطلاعات دقیق‌تر، نمودار ابری مطابق نمودار ۱ استفاده شد.

جدول ۲. اطلاعات مصاحبه شوندگان و زمان مصاحبه

ردیف	سازمان فعالیت	سمت مصاحبه شونده	تاریخ مصاحبه	زمان مصاحبه
۱	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	عضو ستاد فناوری‌های حوزه فضایی و حمل و نقل پیشرفته	۱۴۰۰/۰۶/۰۲	۷۴ دقیقه
۲	جهاد دانشگاهی علم و صنعت	مدیر پروژه سیستم رانش	۱۴۰۰/۰۶/۲۱	۸۰ دقیقه
۳	شرکت متروی تهران	مدیر کارگروه پروژه قطار ملی مترو ایران	۱۴۰۰/۰۷/۱۸	۷۳ دقیقه
٤	هیات علمی دانشگاه	محقق در حوزه محصولات پیچیده (۳ مقاله)	۱۴۰۰/۰۷/۲۰	تعداد ۳ مقاله
۵	شرکت واگن سازی تهران	مدیر کارخانه	۱۴۰۰/۰۸/۱۸	٤۱ دقیقه
٦	شرکت واگن سازی تهران	مدیر پروژه قطار ملی مترو ایران	۱۴۰۰/۰۸/۱۸	٤۵ دقیقه
۷	شرکت مپنا لوکوموتیو	معاون مهندسی	۱۴۰۰/۰۹/۰۹	۷۳ دقیقه
۸	شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران	مدرس و مهندس پرواز هواپیمای مسافری ایرباس۳۰۰	۱۴۰۰/۱۰/۱٤	٦۳ دقیقه
۹	شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران	مدرس و بازرس مهندسی تعمیرات هواپیمایی	۱۴۰۰/۱۰/۱٦	۵٦ دقیقه
۱۰	شرکت واگن سازی تهران	معاون فنی- مهندسی و تحقیق و توسعه	۱۴۰۰/۱۲/۰۸	٤۱ دقیقه

جدول ۳. تعداد کدهای استخراج شده به تفکیک واحدهایی معنایی

واحدهای معنایی	تعداد کدهای اولیه
عضو ستاد فناوری‌های حوزه فضایی و حمل و نقل پیشرفته	۷٦
مدیر پروژه سیستم رانش	۵۰
مدیر کارگروه پروژه قطار ملی مترو ایران	۷۰
محقق در حوزه محصولات پیچیده (۳ مقاله)	۱۰۱ (۳۹ + ٤۳ + ۱۹)
مدیر کارخانه	۵٦
مدیر پروژه قطار ملی مترو ایران	۳۱
معاون مهندسی	۷۵
مدرس و مهندس پرواز هواپیمای مسافری ایرباس۳۰۰	٤۵
مدرس و بازرس مهندسی تعمیرات هواپیمایی	۲۰
معاون فنی- مهندسی و تحقیق و توسعه	۵۳

نمودار ابری یکی از مشهورترین ابزارهای گرافیکی نمایش فراوانی کدها در جهان است. در این نمودار کدهایی که فراوانی بیشتری دارا هستند بزرگ‌تر و بالعکس کدهایی که فراوانی کمتری دارند کوچک‌تر نمایش داده می‌شوند. همچنین برای دستیابی به درجه اهمیت کدها از نظر فراوانی، ماتریس شانون استفاده شد و بخشی از آن در (ماتریس ۱) قابل مشاهده است.

نمودار ۱. نمودار ابری برای نمایش گرافیکی

ماتریس ۱. بخشی از ماتریس شانون (نمایش اهمیت کدها از نظر کدهای اولیه بر اساس فراوانی

با توجه به فراوانی کدها در ماتریس که در نمودار ابری نیز قابل مشاهده بود کد اولیه استفاده از دانش و تجربه قبلی تامین‌کنندگان در پروژه با ۱۵ تکرار و پس از آن لزوم تعیین متولی برای یکپارچه‌سازی و مدیریت آن در پروژه با ۱۲ تکرار، بیشترین درجه اهمیت از نظر ماتریس شانون که تنها براساس فراوانی قضاوت می‌کند، دارا است. دسته‌بندی کدهای اولیه

با دو روش ایجاد کد جدید و یا استفاده از کد متمرکز انتزاعی انجام شده است و بدین صورت کدهای اولیه در مقولات اصلی و فرعی، گروه‌بندی شدند (جدول ٤). در نهایت با کدگذاری محوری که به معنای ارتباط بین مقولات اصلی و فرعی در قالب یک مفهوم با بیشترین درجه انتزاع می‌باشد، بلوک‌های اصلی شکل گرفته است (جدول ۵). کدهای 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 می‌گیرند. با استفاده از تشکیل نمودار هم‌زمانی یا هم‌پوشانی کدهای استخراج شده و پس از حذف کدهایی که صرفا ارتباطات داخلی داشتند، ارتباطات بین کدهای اولیه که در زیرگروه‌های کدهای محوری قرار گرفته است، در بخش نتیجه‌گیری قابل تفسیر است. درجه هم‌پوشانی کدها، بین حداقل ۲ و حداکثر ۵ می‌باشد که به دلیل اولویت اهمیت، کدها با درجه هم‌پوشانی سه به بالا مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ٤. نمونه‌ای از کدهای اولیه، مقولات فرعی، مقولات اصلی

کد اولیه	مقوله فرعی ۳	مقوله فرعی ۲	مقوله فرعی ۱	مقوله اصلی
وجود ساختار ماتریسی مدیریت پروژه				تشکیلات و ساختار سازمانی
استفاده از دانش و تجربه قبلی تامین‌کنندگان در پروژه			مدیریت دانش و دروس آموخته	مدیریت پروژه
انتخاب استراتژیک جغرافیایی برای راه اندازی مترو			تامین تجهیزات و قطعات	ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو
توانمندی و پتانسیل بالای مهندسی		تعداد زیاد متخصص در محصول پیچیده	تعدد تخصص و متخصص	
استفاده از تجهیزات محصولات پیچیده در صنایع مختلف	تعداد زیاد سیستم در محصول پیچیده	سیستم‌های اصلی قطار مترو		
شبکه‌سازی عظیم برای تحقق اهداف پروژه			زنجیره تامین	اشتغال و توسعه ملی

۵- نتیجه‌گیری

در مطالعه ادبیات پیشین و تحقیقات انجام شده قبلی، این ابهام بوجود آمد که نقش هسته مرکزی تجمیع دانش و تجربه، جذب فناوری و توانمندسازی انجام شده در پروژه به‌منظور بومی‌سازی و دستیابی به فناوری برعهده چه سازمان یا گروهی بوده است؟ در مصاحبه‌های انجام شده این نقش در پروژه بطور شفاف در قرارداد تعیین نشده و همین امر موجب انجام رفت و برگشت اقدامات در فازهای مختلف پروژه شده است. بطور کلی یکپارچه‌سازی دانشی است که نقش آن در ابعاد فنی و مدیریتی بدیهی است و مانند سایر دانش‌ها نیاز به یادگیری آن وجود دارد. در ارتباطات ایجاد شده بین کدهای اولیه در پژوهش حاضر، لزوم تعیین متولی برای یکپارچه‌سازی و مدیریت آن در پروژه به‌عنوان یکی از الزامات برای اجرای موفق پروژه شناسایی شد که این مهم در پروژه قطار ملی براساس مصاحبه‌ها و تحلیل کدهای هم‌پوشان، تا حدی از طریق تشکیل هسته مرکزی برای راهبری کلان پروژه در نهاد دولتی تامین شده است. لذا، از چالش‌های پروژه، می‌توان به مباحث یکپارچه‌سازی فنی و مدیریت آن در پروژه اشاره کرد که از طریق یادگیری مدیریت می‌تواند احصاء شود.

از آنجاییکه کشور به لحاظ فنی و مهندسی، از پتانسیل‌های مناسبی بهره‌مند است، می‌توان همانطور که مباحث فنی و مهندسی اعم از طراحی، ساخت، تست و سایر موارد طی سالیان و به روش‌های مقتضی به متخصصین آموزش داده شده است، موارد مدیریتی نیز در سطوح مختلف به متصدیان امر آموزش داده شود. چالش مهم‌تر در پروژه قطار ملی، تجمیع و انباشت فناوری و تجارب است که تشکیل هسته مرکزی برای راهبری کلان پروژه در نهاد دولتی بخشی از آن را پوشش داده اما به دلیل آنکه در قراردادهای حاضر، نقش مالکیت فکری دانش، تجربه و فناوری بصورت شفاف مطرح نشده است، بطور کامل و مطلوب انجام نمی‌پذیرد به‌گونه‌ای که هریک از تامین‌کنندگان، با عنوان مطالبی نظیر "با کارفرما بابت تحویل محصول قرارداد وجود دارد و نه دانش فنی و مدیریتی" و یا "یک بنگاه اقتصادی هستیم و از هر چیزی که بتوانیم، پول می‌سازیم. حالا این می‌تواند دانش، تکنولوژی یا ماشین‌آلات باشد، ما موظف هستیم برای سهامدار پول خلق کنیم"، از انتقال دانش و فناوری امتناع می‌ورزند.

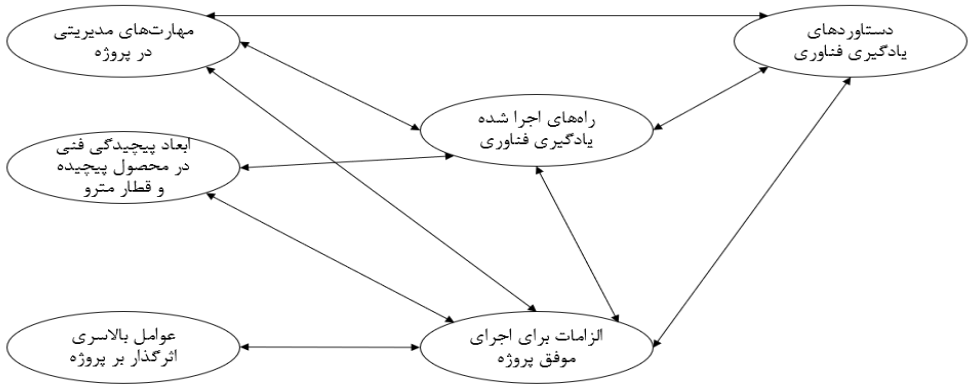
بدین ترتیب می‌توان بطور خلاصه ارتباطات بین کدهای محوری استخراج شده و تحلیل‌های صورت گرفته، به نمودار ۲ که بیان‌گر ارتباطات فیمابین آنهاست، دست یافت. بیشترین ارتباطات به ترتیب بین بلوک اصلی الزامات برای اجرای موفق پروژه، راه‌های اجرا شده یادگیری فناوری، مهارت‌های مدیریتی در پروژه، دستاوردهای یادگیری فناوری، ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو و در نهایت عوامل بالاسری اثرگذار بر پروژه مربوط است. براساس یافته‌ها و خروجی‌های نرم‌افزار، مطابق با جدول ۵ بیشترین هم‌پوشانی به ترتیب بین کدها در موارد ذیل مشاهده شد.

جدول ۵. ارتباطات بین کدهای اولیه براساس کد محوری با درجه هم‌پوشانی ۳ و بیشتر

کد محوری	کد اولیه	درجه هم‌پوشانی	کد اولیه	کد محوری
مهارت‌های مدیریتی در پروژه	استفاده از دانش و تجربه قبلی تامین‌کنندگان در پروژه	۵	همکاری و مشارکت تولیدکنندگان برای ساخت قطار ملی مترو	دستاوردهای یادگیری فناوری
مهارت‌های مدیریتی در پروژه	لزوم وجود دفتر مدیریت پروژه برای مدیریت یکپارچه‌سازی	٤	لزوم ارتباط بین دفاتر مدیریت پروژه تامین‌کنندگان و کارگروه مترو	الزامات برای اجرای موفق پروژه
مهارت‌های مدیریتی در پروژه	لزوم وجود دفتر مدیریت پروژه برای مدیریت یکپارچه‌سازی	٤	لزوم وجود دفتر مدیریت پروژه در هریک از شرکت‌های تامین کننده	الزامات برای اجرای موفق پروژه
مهارت‌های مدیریتی در پروژه	استفاده از دانش و تجربه قبلی تامین‌کنندگان در پروژه	۳	یادگیری فناوری از طریق قراردادهای انتقال فناوری	راه‌های اجراشده یادگیری فناوری
مهارت‌های مدیریتی در پروژه	نقش موثر تجارب طی سالیان در کوتاه شدن زمان پروژه	۳	همکاری و مشارکت تولیدکنندگان برای ساخت قطار ملی مترو	دستاوردهای یادگیری فناوری
الزامات برای اجرای موفق پروژه	وجود مشکلات اساسی در مدیریت مالی پروژه	۳	عدم کفایت موارد قوانین مالی برای تولید داخلی محصول پیچیده	عوامل بالاسری اثرگذار بر پروژه
الزامات برای اجرای موفق پروژه	لزوم تعیین متولی برای یکپارچه‌سازی و مدیریت آن در پروژه	۳	تشکیل هسته مرکزی برای راهبری کلان پروژه در نهاد دولتی	عوامل بالاسری اثرگذار بر پروژه

کد محوری	کد اولیه	درجه هم‌پوشانی	کد اولیه	کد محوری
الزامات برای اجرای موفق پروژه	عدم وجود ضمانت اجرایی برای ایفای نقش نهادهای دولتی	۳	وجود مراکز متعدد تصمیم‌گیری در سطوح مختلف دولت	عوامل بالاسری اثرگذار بر پروژه
الزامات برای اجرای موفق پروژه	نقش موثر همکاری با خارجی‌ها در یادگیری فناوری	۳	یادگیری فناوری از طریق همکاری با شرکت‌های مالک فناوری	راه‌های اجراشده یادگیری فناوری
الزامات برای اجرای موفق پروژه	لزوم یکپارچه‌سازی فنی و طراحی در تولید	۳	اثرگذاری المان‌های متعدد در طراحی	ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو
الزامات برای اجرای موفق پروژه	لزوم یکپارچه‌سازی فنی و طراحی در تولید	۳	وجود چالش‌های یکپارچه‌سازی فنی در پروژه	ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو
الزامات برای اجرای موفق پروژه	لزوم تعیین متولی برای یکپارچه‌سازی و مدیریت آن در پروژه	۳	وجود چالش‌های یکپارچه‌سازی فنی در پروژه	ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو
الزامات برای اجرای موفق پروژه	تعیین متولی برای پروژه قطار ملی مترو	۳	همکاری و مشارکت تولیدکنندگان برای ساخت قطار ملی مترو	دستاوردهای یادگیری فناوری
الزامات برای اجرای موفق پروژه	نیاز به تشکیل بازار فناوری در کشور	۳	ایجاد قابلیت رقابت در بازارهای بین‌المللی با یادگیری فناوری	دستاوردهای یادگیری فناوری
ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو	ساخت قطعات در داخل کشور قبل از پروژه	۳	خرید تجهیزات و قطعات از صاحبین فناوری	راه‌های اجراشده یادگیری فناوری
ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو	تولید قطار مترو از طریق مونتاژ	۳	خرید تجهیزات و قطعات از صاحبین فناوری	راه‌های اجراشده یادگیری فناوری
ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو	تولید قطار مترو از طریق مونتاژ	۳	یادگیری فناوری از طریق اثر بازمهندسی	راه‌های اجراشده یادگیری فناوری
ابعاد پیچیدگی فنی در محصول پیچیده و قطار مترو	تولید قطار مترو از طریق مونتاژ	۳	یادگیری فناوری از طریق مهندسی معکوس	راه‌های اجراشده یادگیری فناوری

کد محوری	کد اولیه	درجه هم‌پوشانی	کد اولیه	کد محوری
دستاوردهای یادگیری فناوری	توسعه فناوری از طریق یادگیری فناوری	۳	یادگیری فناوری از طریق استفاده از فناوری	راه‌های اجراشده یادگیری فناوری
دستاوردهای یادگیری فناوری	تسلط و تعمیق فناوری از طریق یادگیری فناوری و قابلیت فناورانه	۳	بازدید از کارخانجات سازندگان خارجی	راه‌های اجراشده یادگیری فناوری



نمودار ۲. ارتباطات بین بلوک‌های اصلی (کدهای محوری)

در ادامه این بخش از پژوهش پاسخ به سوالات اصلی و ابهامات ایجاد شده طی مطالعه ادبیات بررسی می‌شود.

۵-۱-یادگیری فناوری در پروژه قطار ملی مترو به تفکیک هریک از تامین‌کنندگان اصلی و در کل، طی چه مسیری انجام شده است؟

در بررسی ادبیات پروژه‌های محصول پیچیده اشاره شد که رویکرد ماژولار برای اجرای این پروژه‌ها موثر است (مور و کاناپوری، ۲۰۱۹؛ یاسین، ۲۰۱۹). این امر با توجه به تقسیم ماژولار محصول نهایی بین ذینفعان اصلی (سازندگان اصلی) بطور تجربی در پروژه قطار ملی مترو انجام شده است. هریک از سازندگان اصلی، برای دستیابی به توانمندی فناوری از طریق یادگیری فناوری و موفقیت‌های کسب‌شده در این راه، انواع روش‌های مختلف نظیر مهندسی معکوس، یادگیری مستقیم از مالکین فناوری، مشارکت با شرکت‌های خارجی، بازطراحی و بازمهندسی، یادگیری از قراردادهای انتقال فناوری، یادگیری از طریق استفاده از فناوری، مونتاژ و تعمیرات، تحقیق و توسعه و غیره استفاده کرده‌اند. مطلبی که در پاسخ به این پرسش حائز اهمیت است، اثرپذیری و ارتباط بین دو بلوک اصلی "راه‌های اجراشده یادگیری فناوری" و "دستاوردهای یادگیری فناوری" است. روش‌هایی که برای یادگیری فناوری در این پروژه مطرح شد، باعث دستیابی به باورپذیری برای ساخت محصولات در داخل کشور، پرورش و توسعه متخصصین در مسیر یادگیری فناوری شد که منجر به افزایش اشتغال و همچنین تولید داخلی و در نتیجه توسعه داخلی می‌شود. اما یکی از نشانگان توسعه فناوری، دستیابی به توانمندی نوآوری در محصول پیچیده است

که باتوجه به تحلیل‌های پیش‌گفته، نوآوری در فناوری کسب شده پس از یادگیری فناوری، از دستاوردهای اصلی یادگیری فناوری در پروژه قطار ملی مترو مشهود است. در این پروژه هم‌راستا با نظر لَل و اوراتا (۲۰۰۳) تسلط فناورانه و تعمیق فناورانه از روش‌های پیش‌گفته محقق شده است و درنتیجه می‌توان مدعی شد یادگیری انجام شده منجر به توسعه فناوری در کشور شده است.

۵-۲- چگونه می‌توان اطمینان یافت که اقدامات انجام شده منجر به یادگیری فناوری موثر شده و در آینده قابل بهره‌گیری است؟

تحلیل ارتباطات بین بسیاری از کدهای اولیه در بلوک "راه‌های اجرا شده یادگیری فناوری" و "دستاوردهای یادگیری فناوری"و کدهای همپوشان گویای اثرگذاری این دو مفهوم بر یکدیگر در طی اجرای پروژه قطار ملی است. یکی از اتفاقات مهم در این پروژه تحقق نوآوری در محصول است که منجر به ثبت پتنت نیز شده است. در نتیجه علاوه بر اجرای پروژه در داخل کشور، می‌توان گفت در زمینه‌های بین‌المللی نیز قابلیت رقابت و ارایه در بازار فناوری بوجود آمده است. نکته‌ای که در اینجا به نظر می‌آید سیاست‌گذاری در صنعت و همچنین حمایت ورود بخش خصوصی به پروژه‌های محصول پیچیده است که به دلایل عدم کفایت موارد قانونی و مالی، تحقق آن نیاز به سیاست‌گذاری‌های کلان از سوی دولت است. در بسیاری از ادبیات تحقیقاتی به تسهیل‌گری‌ها و نیز موانعی که از مداخله دولت در پروژه‌های محصول پیچیده بوجود می‌آید، اشاره شده است. لیکن با ایجاد تمرکز برای تصمیم‌گیری و حذف نهادهایی که عملاً در پیشبرد اهداف نقش موثری ندارند، می‌توان به موفقیت در پروژه دست یافت. همانطور که اشاره شد برخی موارد به‌عنوان دروس‌آموخته برای جلوگیری از اتلاف منابع، بروز ناکامی‌ها و یا بهینه‌سازی عملیات در مباحث فنی و مدیریتی، مطرح گردید. لل و اوراتا (۲۰۰۳) پیچیدگی فرایند یادگیری فناوری را معلول ضمنی بودن بسیاری از عوامل در یادگیری فناوری می‌دانند. این عوامل در نهاد انسان‌ها و سازمان‌ها نهفته است. در اکثر موارد نیز مصاحبه‌شوندگان اذعان داشتند که از دیدگاه فنی، در ساخت قطار ملی مترو از استانداردهای موجود و به روز در دنیا استفاده شده است و نیازی به ثبت اسناد بطور کلی دیده نمی‌شود این در حالی است که تمامی اطلاعات فنی اعم از مشخصات تجهیزات، قطعات، نقشه‌های طراحی و اسناد راهنمای فنی و کاربری، تهیه شده و موجود است. از دیدگاه مهارت‌ها و توانمندی‌های مدیریتی به یادگیری فناوری یا بعبارت دیگر دانش ضمنی، خلاء بزرگی مشاهده می‌شود. این خلا در ارتباط بلوک اصلی الزامات برای اجرای موفق پروژه (لزوم یادگیری مدیریت یکپارچه‌سازی پروژه و لزوم استفاده از تجارب مشاور خارجی برای مدیریت یکپارچه‌سازی پروژه) و راه‌های اجراشده یادگیری فناوری (بازدید از کارخانجات سازندگان خارجی، یادگیری فناوری از طریق همکاری با شرکت‌های مالک فناوری) مشاهده و پیش‌بینی می‌شود با برنامه‌ریزی و اجرای آموزش‌ها و استفاده از مشاورین، خلاء یادگیری علم و تجارب مدیریتی در پروژه‌های محصول پیچیده که عمدتا با نگاه یکپارچه‌سازی انجام می‌شود، برطرف می‌گردد. مهارت‌هایی با ماهیت دانش ضمنی در پروژه محصول پیچیده مستندسازی نشده است. حتی در مواردی دانش فنی و دانش چگونگی نیز بصورت درون سازمانی مستندسازی شده است و در اختیار سایرین در زنجیره تامین قرار نخواهد گرفت. این مسائل ادامه مسیر ساخت محصولات پیچیده را تا حد زیادی با مشکلات اساسی مواجه می‌سازد.

۵-۳-چگونه یادگیری فناوری در پروژه قطار ملی مترو، منجر به یکپارچه‌سازی مدیریت فناوری، دروس‌آموخته و تجارب در یک پروژه مشابه در حوزه محصولات پیچیده خواهد شد؟

همانطور که در پاسخ به سوال پژوهش در بخش ۵-۱ مطرح شد، لزوم تعیین متولی برای یکپارچه‌سازی و مدیریت آن در پروژه به‌عنوان یکی از الزامات برای اجرای موفق پروژه شناسایی شد. در پاسخ ۵-۲ مشاهده شد که دروس‌آموخته نانوشته زیادی در روند اجرای پروژه قطار ملی وجود دارد که عمدتاً از جنس دانش ضمنی بوده و به ویژه در موارد مدیریتی

و فناوری نرم، مستندسازی نشده و در نتیجه بصورت مدون قابل بهره‌برداری نیست. دلیل عمده آن با توجه به اظهارات در مصاحبه‌های انجام شده، مباحث مرتبط با مالکیت دانش و فناوری است. دیسترر (۲۰۰۲) الزام وجود مخازنی برای ثبت و بهره‌برداری دانش در یک سازمان را سرمایه‌ای مهم می‌داند که سازمان را به سازمان یادگیرنده مبدل می‌سازد. بر همین اساس پیشنهاد می‌شود با ایجاد دفاتر مدیریتی نظیر دفتر مدیریت پروژه و دفتر مدیریت فناوری در هر یک از سازمان‌های تامین‌کننده در پروژه محصول پیچیده برپا شده و یکی از ماموریت‌های اصلی آن الزام به ارتباط این دفاتر با یکدیگر و همچنین ارتباط با دفاتر هم‌تراز در هسته مرکزی مدیریت پروژه است. این موضوعی است که در بلوک اصلی الزامات برای اجرای موفق پروژه و تاثیر آن بر مهارت‌های مدیریتی در پروژه، قابل مشاهده است. برای انجام پژوهش حاضر یکی از چالش‌ها که محدودیت اصلی نیز بود، دسترسی به افراد ذینفع در پروژه قطار ملی به‌عنوان پروژه محصول پیچیده و بیشتر رویکرد فنی به مسائل در حین اجرای پروژه بوده است که تا حد زیادی از طریق جلسات تلفنی قبل از هماهنگی برای مصاحبه و نیز توضیحات ارایه شده در بدو جلسات مصاحبه برطرف گردید. همچنین هماهنگی با افراد موردنظر برای مصاحبه با همکاری‌های اثرگذار نهاد دولتی معاونت علم و فناوری به ویژه ستاد فناوری‌های حوزه فضایی و حمل و نقل پیشرفته تسهیل شد. از این طریق، از همکاری ایشان و دست اندر کاران مرتبط قدردانی می‌شود.

٦- مراجع

-اعرابی، بودلایی و حسن. (۲۰۱۱). استراتژی تحقیق پدیدارشناسی. *حوزه و دانشگاه روش‌شناسی علوم انسانی*، ۱۷(٦٨)، ۵۸-۳۱.

-بهزادی ابراهیمی، منطقی، قاضی نوری، سید سروش، و الیاسی. (۲۰۲۰). ارائه چارچوب تعمیق ساخت داخل با رویکرد شکل‌گیری بوم‌سازگان فناوری (مطالعه موردی پروژه ساخت داخل واگن مترو). *فصلنامه مدیریت توسعه فناوری*، ۸(۲)، ۱۵۲-۱۱۹.

-جودکی، جمور و صادقی شاهدانی، (۲۰۱۸). تعیین میزان ظرفیت ایجاد اشتغال بخش‌های مختلف اقتصادی به منظور دستیابی به اهداف برنامه ششم توسعه با استفاده از رهیافت داده ـ ستانده. *فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۲(٤)، ۱۲٤-۱۰۱.

-حسن‌زاده، علی، (۱۳۹٦). ارائه مدلی جهت شناسایی ابعاد قابلیت‌های پویای یادگیری فناورانه و تاثیر آن بر عملکرد سازمانی و فردی. *کنفرانس بین المللی برق*.

-دهقانی پوده، حسین، چشم براه، ترابی، حسن، کریمی گوارشکی، ... و حسنوی. (۲۰۱۷). تعیین و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر برونسپاری پروژه‌های تحقیق و توسعه محصولات با سامانه‌های پیچیده (مورد مطالعه: سازمان صنایع هوایی). *فصلنامه مدیریت توسعه فناوری*، ۵(۳)، ۱٦۸-۱۳۹.

-سبحانی‌نژاد، مهدی (۱۳۸۵). سازمان یادگیرنده، تهران، *نشریسطرون*، چاپ اول.

-شتراوس، آنسلم و کوربین، جولیت (۱۳۹۰)، اصول روش تحقیق کیفی نظریهٔ مبنایی، رویه‌ها و شیوه‌ها، ترجمه بیوک محمدی. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.

-شفیعا، محمدعلی، علی‌احمدی، علیرضا، بنیادی نائینی، علی، تقوی، میرحمید (۱۳۹۵). ارایه مدلی شاخص برای بومی‌سازی فناوری در صنعت پتروشیمی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، *نشریه علمی پژوهشی مدیریت فردا*، سال پانزدهم، زمستان.

-صفدری رنجبر، رحمان سرشت، منطقی، قاضی نوری، و سید سروش (۱۳۹۵). پیشران های کسب و ایجاد قابلیت‌های فناورانه ساخت محصولات و سامانه های پیچیده در بنگاه‌های متاخر: مطالعه موردی شرکت توربوکمپرسور نفت (OTC). *مدیریت نوآوری*، ۵(۳)، ۲٦-۱.

-طبائیان، سیّد کمال، قسیم، و بابک (۱۳۹۲). هوشمندی فناوری، یادگیری و عملکرد فناورانه، مطالعه موردی یک سازمان صنعتی دفاعی. *مدیریت استاندارد و کیفیت*، ۳، ۷۱-۵۶.

-عطارپور محمدرضا، کزازی ابوالفضل، الیاسی مهدی، و بامدادصوفی جهانیار، (۱۳۹۳). مدل ارتقاء یادگیری فناورانه برای توسعه نوآوری دوسوتوان، مطالعه موردی صنعت فولاد کشور.

-عطارپور محمدرضا، یادگیری فناورانه و اهمیت آن در فرایند انتقال فناوری (۱۳۹۳). *چهارمین کنفرانس بین‌المللی و هشتمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری.*

-عمار، قاضی‌نوری، سیدسپهر، حسن زاده و مجیدپور (۲۰۱۶). تأثیر بازیگران انتقال فناوری بر یادگیری فناورانه؛ *مطالعه موردی صنعت نساجی سوریه*. فصلنامه مدیریت توسعه فناوری، ٤(۲), ۱۳۲-۹۹.

-فلاح تفتی، حیدری کوشکنو و الماسی سروستانی (۲۰۱۹). شناخت مؤلفه‌های شهروند هوشمند در محیط شهری با رویکرد یادگیری فناورانه (موردمطالعه: شهر یزد)، *نشریه اقتصاد شهری و مدیریت*، (۲۵)۷، ٦۲-۵۱.

-کارگرشهامت بهمن، تقوا محمدرضا، و طباطباییان سیدحبیب اله. (۱۳۹٦). کارکردهای شبکه نوآوری تحلیلی از یادگیری فناورانه در بخش دارویی ایران.

-ملکی‌کرم‌آباد، محمدمهدی، آقاجانی، دکترحسنعلی، منطقی، منوچهر، ... و بهنام (۲۰۲۰). ارائه الگوی یادگیری فناورانه در صنایع دریایی حوزه دفاع. *سیاست دفاعی*، ۱۱۰(۲۸)، ۱۱۳-۸۳.

-میری مقدم، مژده، قاضی‌نوری، سیدسپهر، توفیقی، الهی، و شعبان. (۲۰۱۵). یادگیری فناورانه در صنعت نفت: مطالعه موردی فازهای توسعه‌ای میدان گازی پارس جنوبی. *سیاست علم و فناوری*، ۷(۲)، ۳٤-۱۷.

-نوذری مریم، رادفر رضا، قاضی‌نوری سیدسروش، و توفیقی جعفر، (۱۳۹۹). الگوی یادگیری فناورانه در قراردادهای بیع متقابل صنعت نفت: مطالعه موردی توسعه میدان آزادگان شمالی.

-نیلفروشان، غفارزادگان، مهشید، پیمانخواه، صادق، رحمانی و سوما (۲۰۱۷). عوامل ناکامی یادگیری فناورانه در صنعت گاز. *سیاست علم و فناوری*، ۱۰(٤)، ٤٤-۳۳.

-Argyris, C. (1977). Double loop learning in organizations. *Harvard business review*, 55(5), 115-125.

-Azizi, M., Sheykh, M. J., Arasti, M. R., & Sobhiyah, M. H. (2010). People Capability of Project Based Organizations in Undertaking CoPS. In 24th IPMA world congress, Istanbul.

-Baccarini, D. (1996). The concept of project complexity—a review. *International Journal of Project Management,* 14(4), 201-204.

-Barlow, J. (2000). Innovation and learning in complex offshore construction projects. *Research Policy*, 29(7-8), 973-989.

-Bryant, A. (2017). Grounded theory and grounded theorizing: Pragmatism in research practice. *Oxford University Press.*

-Chena, J., Ngaib, E. W. T., and Tonga, L. (2007). Inter-organizational knowledge management in complex products and systems. *Journal of Technology Management in China,* 2(2), 134-144.

-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.

-Disterer, G. (2002). Management of project knowledge and experiences. *Journal of knowledge management.*

-Figueiredo, P. N., & Cohen, M. (2019). Explaining early entry into path-creation technological catch-up in the forestry and pulp industry: Evidence from Brazil. *Research Policy,* 48(7), 1694-1713.

technological newness. *Journal of Supply Chain Management,* 47(3), 43-62.

-http://mic-ro.com/

-https://metro.tehran.ir/ArticleId/17855

-https://arup.com/perspectives/publications /research/section/future-of-rail-2050

-Junginger, M., de Visser, E., Hjort-Gregersen, K., Koornneef, J., Raven, R., Faaij, A., & Turkenburg, W. (2006). Technological learning in bioenergy systems. *Energy Policy*, 34(18), 4024-4041.

-Kafi, F., &و Fatemi Ghomi, S. M. T. (2014). A game-theoretic model to analyze value creation with simultaneous cooperation and competition of supply chain partners. *Mathematical Problems in Engineering.*

-Kahouli-Brahmi, S. (2008). Technological learning in energy–environment–economy modelling: A survey. *Energy Policy*, 36(1), 138-162.

-Kantamara, P., & Ractham, V. (2014). Single-loop vs. double-loop learning: an obstacle or a success factor for organizational learning. *International Journal of Education and Research*, 2(7), 55-62.

-Kapoor, R., & McGrath, P. J. (2014). Unmasking the interplay between technology evolution and R and D collaboration: evidence from the global semiconductor manufacturing industry, 1990–2010. *Research Policy,* 43(3), 555-569.

-Kash, D. E., & Rycoft, R. W. (2000). Patterns of innovating complex technologies: a framework for adaptive network strategies. *Research Policy,* 29(7-8), 819-831.

-Kiamehr, M., Hobday, M., & Hamedi, M. (2015). Latecomer firm strategies in complex product systems (CoPS): The case of Iran's thermal electricity generation systems. *Research Policy,* 44(6), 1240-1251.

-Kim, D. Y., & Wagner, S. M. (2012). Supplier selection problem revisited from the

-Gann, D. M., & Salter, A. J. (2000). Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems. *Research Policy*, 29(7-8), 955-972.

-Geyer, A., & Davies, A. (2000). Managing project–system interfaces: case studies of railway projects in restructured UK and German markets. *Research Policy*, 29(7-8), 991-1013.

-Ghazinoory, S., Dastranj, N., Saghafi, F., Kulshreshtha, A., & Hasanzadeh, A. (2017). Technology roadmapping architecture based on technological learning: Case study of social banking in Iran. *Technological Forecasting and Social Change,* 122, 231-242.

-Ghazinoory, S., Mohajeri, A., Kiamehr, M., & Danaeefard, H. (2021). Technological learning in large firms: mechanism and processes. *Interactive Learning Environments,* 1-22.

-Hobday, M. (1994). Technological learning in Singapore: A test case of leapfrogging. The *Journal of Development Studies*, 30(4), 831-858.

-Hobday, M. (1995). East Asian latecomer firms: learning the technology of electronics. *World Development*, 23(7), 1171-1193.

-Hobday, M. (1998). Product complexity, innovation and industrial organisation. *Research Policy*, 26(6), 689-710.

-Hobday, M. (2000). The project-based organisation: an ideal form for managing complex products and systems? *Research Policy,* 29(7-8), 871-893.

-Hobday, M., &Rush, H. (1999). Technology management in complex product systems (CoPS)-ten questions answered. International *Journal of Technology Management*, 17(6), 618-638.

-Hong, Y., &Hartley, J. L. (2011). Managing the supplier–supplier interface in product development: The moderating role of

-Nightingale, P. (2000). The product–process–organisation relationship in complex development projects. *Research Policy*, 29 (7-8), 913-930.

-NOORI, Z., &AZIZI, M. (2020). The Challenges of Project Management of Complex Products and Systems.

-Patanakul, P., Kwak, Y. H., Zwikael, O., & Liu, M. (2016). What impacts the performance of large-scale government projects? *International Journal of project management,* 34(3), 452-466.

-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.

-Romme, A. G. L., & Van Witteloostuijn, A. (1999). Circular organizing and triple loop learning. *Journal of Organizational Change Management.*

-Saldanha, G., & O'Brien, S. (2014). Research methodologies in translation studies. Routledge.

-Su, J., & Liu, J. (2012). Effective dynamic capabilities in complex product systems: experiences of local Chinese firm. *Journal of Knowledge-based Innovation in China.*

-Tacla, C. L., &Figueiredo, P. N. (2006). The dynamics of technological learning inside the latecomer firm: evidence from the capital goods industry in Brazil. *International Journal of Technology Management*, 36(1-3), 62-90.

-Yassine, A. A. (2019). Managing the development of complex product systems: an integrative literature review. *IEEE Transactions on Engineering Management,* 68(6), 1619-1636.

perspective of product configuration. *International Journal of Production Research,* 50(11), 2864-2876.

-Kim, L. (2001). The dynamics of technological learning in industrialisation. *International Social Science Journal,* 53(168), 297-308.

-Lall, S., & Urata, S. (2003). Competitiveness, FDI and technological activity in East Asia. *Edward Elgar Publishing.*

-Lehtinen, J., Aaltonen, K., & Rajala, R. (2019). Stakeholder management in complex product systems: Practices and rationales for engagement and disengagement. *Industrial marketing management,* 79, 58-70.

-Li, M., Liu, H., &Zhou, J. (2018). G-SECI model-based knowledge creation for CoPS innovation: the role of grey knowledge. *Journal of Knowledge Management.*

-Malerba, F. (1992). Learning by firms and incremental technical change. *The economic Journal,* 102(413), 845-859.

-Miller, R., Hobday, M., Leroux-Demers, T., و Olleros, X. (1995). Innovation in complex systems industries: the case of flight simulation. *Industrial and corporate change,* 4(2), 363-400.

-More, H., & Khanapuri, V. (2019, December). Application of Object Process Methodology in Project Management A Case Study of Mumbai Metro Line 3. *In INCOSE International Symposium,* Vol. 29, 123-137.

-Moustakas, C. (1994). *Phenomenological Research Methods.* SAGE.

-Ngai, E. W., Jin, C., &Liang, T. (2008). A qualitative study of inter organizational knowledge management in complex products and systems development. *R & D Management,* 38(4), 421-440.

Analysis of Technology Learning Phenomenon in the National Metro Train Project: A Survey Approach

Elham Zarrehparvar Shoja, Department of Industrial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Seyed Sepehr Ghazinoory, Department of Information Technology Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Seyed Soroush Ghazinoori, Department of Technology Management and Entrepreneurship, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran.

E-mail: ghazinoory@modares.ac.ir

Received: June 2023- Accepted: November 2023

ABSTRACT

Public transport is considered as one of the criteria of development assessments of a country. Intercity rail transport (subway), one of public transport subcategories, plays a significant role in this assessment. According to the country's needs and moving toward development, developing local capability for designing and creating products related to subway industry as a complex product is an issue that we must focus on. Complex products are of advanced technology and manufactured in advanced companies. Investment in production of such capital goods is considered as one of the significant indications of the strength of national economy. As these products considerably require capital and time, well-managed localization through technology learning must occur. In this paper, technology learning path and carried out attempts in national subway train were investigated based on phenomenological strategy. After reviewing evidence, field and literature studies and information of project management necessities and technology learning, the data was gathered through open interviews with high level managers of stockholder companies in subway projects and was analyzed with a critical view in form of a grounded theory roadmap through coding – open coding including basic, primary and categorization, and finally blocking and axial coding) by MAXQDA 2020 software. As each main supplier has a different way of learning and using the acquired technology, integration management is required to be taught and developed like engineering sciences. Technology ownership is one of the contractual voids in project implementation and implementing national subway train project led to localization and realization of goals such as national development, an increase in employment, a decrease in building costs, and an increase in localization share using abilities of local manufacturers' knowledge and abilities.

Keywords: Complex Product and Systems (CoPS), National Metro Train, Technology Learning