دو فصلنامه علمی
فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

سال پانزدهم، شماره‌های ۵۵ و ۵۶، بهار و تابستان
۱۴۰۲
صفحات:۱۹۱ الی ۲۰۷

The effect of Internet of Things (IOT) implementation on the Rail Freight Industry; A futures study approach

Noureddin Taraz Monfared[*], Ali Shayan[**], Ali Rajabzadeh Ghatari[**]

[*]Master of Information Technology Management, Tarbiat Modares University
[**]Faculty member and assistant professor of Tarbiat Modares University

Abstract

The rail freight industry in Iran has been faced several challenges which affected its performance. Notwithstanding that Internet of Things leverage is rapidly increasing in railway industries-as an experienced solution in other countries-, Iran's rail freight industry has not been involved in, yet. Related research and experiment has not been identified in Iran, as well. The aim of this survey is to identify the effects of the implementation of Internet of Things in the Rail Freight Industry in Iran. To gather the data, the Delphi method was selected, and the Snowball technique was used for organizing a Panel including twenty experts. To evaluate the outcomes, IQR, Binomial tests, and Mean were calculated. Several statements were identified and there was broad consensus on most of them, which approved that their implementation affects the Iranian rail freight industry, but in different ranks. Finally, the results formed in the Balanced Scorecard's format. The internal business process has been affected more than the other aspects by the approved statements. Eleven recognized elements are affected in different ranks, including Internal Business Process, Financial, Learning, and Growth, Customers. The Financial perspective remarked as least consensus and the Internal Business Process has received the extreme consensus. The research outcomes can be used to improve the strategic planning of the Iranian rail freight industry by applying the achievements of information technology in practice.

Keywords: Intelligent Transport System, Rail Internet of Things, Smart/Intelligent Train, Industrial Internet of Things, Balanced Scorecard

بررسی اثر پیاده سازی اینترنت اشیاء بر صنعت حمل ریلی بار با رویکرد آینده پژوهی

نورالدین طراز منفرد* ، علی شایان*** ، علی رجب زاده قطری**
*کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه تربیت مدرس
**عضو هیئت علمی و استاد دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۳/۲۶

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

صنعت‌حمل‌ریلیِ بار در ایران با چالش هایی روبروست‌که عملکرد آنرا تحت تاثیرقرار داده است؛ به گونه‌ای‌که هر سال سهم بیشتری از حمل بار به نفعِ حملِ جاده ای‌از دست می‌رود. یکی از راهکارهای مدیریت این چالش ها در سایرکشورها، پیاده-سازیِ اینترنت اشیاء است‌که‌در ایران تاکنون‌کاربردهای محدودی‌داشته و پژوهشی‌نیز درباره اثرات‌پیاده‌سازی این فناوری بر عملکرد حمل ریلی بار درکشور یافت نشد. در پژوهش حاضر پس از مرور مبانی نظری و پیشینه‌و روش تحقیق، مولفه‌های مرتبط،شناسایی‌و دسته بندی و تناسب آنها برای‌سنجش اثر پیاده سازی اینترنت اشیاء بررسی‌و نتایج در قالب‌کارت امتیازی-متوازن مدل‌سازی شده است. جهت‌گردآوری دانش‌خبرگان از روش‌دلفی‌و برای انتخاب نمونه‌ای‌متشکل از بیست نفر از - تکنیک‌گلوله برفی‌استفاده شد. در تحلیل‌یافته‌ها از آزمون‌های دامنه‌بین چارکی، دوجمله ای، میانگین و سایرآزمون های‌متداول استفاده شد. مولفه‌های شناسائی شده به درجات متفاوت، بر ابعاد مختلف‌کارت امتیازی متوازن اثرگذارند.کمترین میزان اثرگذاری اینترنت اشیاء به‌بعدِ مالی‌و بیشترین میزان آن به بعدِ فرایندهای‌ارزش‌آفرین‌اختصاص دارند. همچنین‌اثرگذاریِ اینترنت اشیاء بر مولفه های بهبود فرایندها، سیاست گذاری‌و رقابت‌پذیری از بالاترین اجماع خبرگان و اثرگذاریِ آن‌بر مولفه‌های نیروی‌انسانی‌و مخاطرات فنی ازکمترین اجماع‌خبرگان‌برخوردار هستند.نتایج‌پژوهش‌در برنامه‌ریزی استراتژیک‌صنعت حمل‌ریلی بار با به کارگیری‌عملی‌دستاوردهای فناوری اطلاعات قابل استفاده است.

واژگان کلیدی: سیستم هوشمند حمل و نقل، اینترنت اشیاء ریلی، قطار هوشمند، اینترنت اشیاء صنعتی، کارت امتیازی متوازن

× نویسنده مسئول: علی شایان ashayan@modares.ac.ir

۱. مقدمه

صنعت حمل‌ریلیِ بار در ایران با چالش‌های متعددی روبروست‌که عملکرد آنرا تحت تاثیر قرار داده است؛ به‌گونه‌ای‌که این‌روشِ حملِ ارزان، ایمن و دوستدار ِمحیط‌زیست، روز به روز سهم بیشتری از حمل بار را به نفعِ حملِ خطرناک، آلوده و غیراقتصادیِ جاده‌ای از دست می‌دهد. پایین بودن سهمِ حمل ریلی بار در ایران، بنا به آمار رسمی و نیز در مقامِ مقایسه با سایر روش های حمل و از جمله حمل جاده ای، مساله عمده یِ صنعت حمل ریلی بار است. آمار و نیز مطالعات متعددی نشان می دهد که شبکه ریلی کشور دارای راندمان مطلوب نیست و سهم بخش ریلی در حمل بار روندی نزولی داشته است. این مساله، خود را در مشکلاتی همچون سرعت پایینِ فرایند حمل بار، هزینه بالای نگهداری و عدم رغبتِ مشتریان به استفاده مجدد از این روشِ حمل نشان می دهد. در سایر کشورها با استفاده از دستاوردهای نسل چهارم صنعت پروژه هائی اجرا شده که از طریق پیاده‌سازیِ فناوری‌هایی همچون اینترنت اشیاء تا حدود زیادی بر چالش‌هایِ مشابه غلبه کرده‌اند.

سهم حمل ریلی در ایران در برخی از سال ها به ۶/۵ درصد از بار قابل حمل کاهش یافته است. این صنعت که در سند چشم انداز باید سالانه ۱۲۹ میلیون تن بار یعنی ۳۰ درصد بار کشور را حمل کند از کمتر از ۵۰ درصد از ظرفیت خود بهره می برد. سرعتِ سیرِ تجاریِ حمل جاده‌ای در ایران حداقل دو برابر حمل ریلی است[۱]. میانگین سرعت تجاری حمل بار از ابتدای سال ۱۳۹۸ تا آبان ۱۴۰۰ مابین ۳,۱۳ و ۴,۴۵ کیلومتر در ساعت است. در صورت تحقق اهدافِ حمل و نقل ریلی، به‌جز درآمد مستقیم برای راه آهن، مبلغ۳۳/۴ هزار میلیارد تومان صرفه‌جوئی ناشی از کاهش مصرف سوخت نیز به دست می‌آمد. به علاوه، حمل هر تن بار توسط ریل، ۷۶۵ ریال ارزان تر از حمل جاده ای است که سالانه رقم نجومی ۱۳ هزار میلیارد تومان عدم النفع را در پی دارد[۲].

راندمان حمل ریلی بار در ایران از طریق روش هائی تجربی و پذیرفته شده و از جمله با محاسبه "تن- کیلومتر" و سایر پارامترهای مرتبط قابل اندازه گیری است. فارغ از قدمتِ این روش ها، فرایند اندازه گیری میزان حملِ ریلی بار با توجه به استانداردهای جهانی قابل ارزیابی و در صورت نیاز، قابل بازطراحی است. اما اصلاح احتمالی فرایند محاسبه یِ راندمان، ضرورتا به حلِ چالش های بزرگِ این صنعت ختم نمی شود. با توجه به تجارب سایر کشورها، پیاده سازیِ جامع و سیستماتیکِ دستاوردهایِ نسل چهارم صنعت حمل ریلی بار با رویکردهای نوینی همچون اینترنت اشیاء احتمالا می تواند به افزایشِ قابلِ اثبات راندمان بینجامد.

اینترنت اشیاء بنا به توصیف موسسه ملی استاندارد و فناوری ایالات متحده[1]، ترکیب فناوری اطلاعات و فناوری - عملیات است اما حداقل‌در سه حوزه با فناوری اطلاعات، مرزبندی روشن و قابلِ‌تشخیصی دارد: (۱) بسیاری از اشیاء در اینترنت اشیاء به گونه‌ای با جهان فیزیکی در تعامل - هستند که همان اشیاء در فناوری اطلاعات قادر به چنین تعاملی با جهان فیزیکی نیستند. (۲) بسیاری از اشیاء، به همان شکلی‌که در فناوری اطلاعات قابل دسترس، قابل مدیریت و قابل‌پایش هستند در اینترنت اشیاء نیستند و (۳) افزایش معنی‌دار ریسک در اینترنت اشیاء نسبت به فناوری - اطلاعات وجود دارد[۳].

با توجه به تجارب سایر کشورها، پیاده‌سازیِ جامع و سیستماتیکِ نسل چهارم صنعت حمل ریلی بار با رویکردِ اینترنت اشیاء می‌تواند به افزایشِ قابلِ اثبات راندمان بینجامد[۴] که خود را در (۱) فرایندهایِ ارزش‌آفرین: افزایش سرعت حمل بار، (۲) منظرِ مالی: افزایش درآمدِ جاری و کاهش هزینه نگهداری، (۳) رشد و یادگیری: افزایشِ قابلیت‌ها و مهارت هایِ‌کارکنان در استفاده از اینترنت اشیاء و (۴) منظرِ مشتری: افزایشِ وفاداری و تمایلِ مشتریان به - استفاده مجدد از حمل ریلی بار نمایان می سازد که این ابعاد در چارچوبِ مفهومِ کارت امتیازی متوازن[2] قابلِ مدل‌سازی - است. این پژوهش به دنبال پاسخ به این پرسش است که پیاده سازی اینترنت اشیاء چه تاثیری بر صنعت حمل ریلی بار در ایران دارد.

در پژوهش حاضر از روش دلفی جهت گردآوریِ دانش موجودِ خبرگان صنعت استفاده شده است. گردآوری داده های آن از طریق توزیع پرسش نامه در میان خبرگانی از دانشگاه، راه آهن ج.ا.ا. و بهره برداران بخش خصوصی صورت گرفته است. به دلیلِ کمیابیِ خبرگان مرتبط، برای انتخاب نمونه ای متشکل از بیست نفر که در نهایت، یازده صاحبنظر از آنان وارد پنل خبرگان شدند، از تکنیک گلوله برفی استفاده شد که یک روش نمونه گیری غیراحتمالی به شمار می رود. در این روش، اعضای نمونه از طریق اعضای سابق همان نمونه انتخاب می شوند. نمونه گیری غیراحتمالی زمانی استفاده می شود که تمرکز پژوهشگر بر درک پیچیدگی موضوع مورد بررسی است. با توجه به خبرگی و صلاحیت و ارتباط فنی و کاری اعضای نمونه، همگونی

1. National institute of standards and technology (NIST)
2. Balanced scorecard (BSC)

مناسبی در پاسخ های این نمونه از خبرگان مشاهده شده که شاهدی بر مناسب بودن روش نمونه گیری گلوله برفی است. در تحلیلِ نهائی یافته ها از آزمون های دامنه بین چارکی، آزمون دوجمله ای، میانگین و سایر آزمون های متداولِ کیفی استفاده شده است.

۲. پیشینه پژوهش

در این بخش، پیشینه علمی و تجربی مرتبط با موضوع این پژوهش در منابع علمی در دو حوزه صنعت حمل ریلی بار و اینترنت اشیاء تبیین می شود.

۱,۲پژوهش های حوزه صنعت حمل ریلی بار

کشور سنگاپور یکی از نمونه هایِ به کارگیریِ همزمان و موفقِ فناوری های نسل چهارم صنعت حمل و نقل در آسیاست[۵]. عوامل کلیدی که برای این موفقیت شناسائی شده اند عبارتند از: سرمایه گذاری بر روی فناوری اطلاعاتِ کسب و کار- محور[1]، همجوشیِ برنامه هایِ کسب و کار و فناوری اطلاعات، انعطاف پذیریِ ساختارهای IT و پشتیبانی از خلاقیت ها و نوآوری های IT.

در پژوهشی در ژاپن[۶]، مفهوم نگهداریِ هوشمندانه برای توصیفِ تغییراتِ نوآورانه ای استفاده شده که ICT در صنعت حمل و نقل ریلی به همراه دارد. چهار مولفه برای پیاده سازیِ مفهوم نگهداری هوشمندانه تعیین شده اند که عبارتند از: نگهداریِ اقتضائی، توجه به مدیریت دارائی ها، پشتیبانیِ هوش مصنوعی از فرایندِ نگهداری و یکپارچگی پایگاه داده ها.

پژوهشی دیگر در مورد مفهوم نسل چهارم صنعت در حمل و نقل، بیان می کند که باید تمام مولفه‌هایِ پنج گانه این صنعت یعنی "قطار"، "خط"، "ایستگاه"، "مسافر" و "مرکز کنترل" را به طور یکپارچه در بر گیرد تا با به کارگیریِ همزمانِ داده‌هایِ موجود و در حال تولید در یک اکوسیستمِ دیجیتالی، حداکثر استفاده از ظرفیت‌های این سیستم ممکن گردد[۷].

همچنین مفهومِ ITS[2] که در مقاله منندز با تکیه بر موضوعِ نگهداری مورد بررسی قرار گرفته بود در پژوهش دیگری[۸] به مفهومِ C-ITS[3] ارتقا یافته است که در آن بر زنده بودن (Live) وضعیت کنونیِ داده ها و اطلاعات تاکید شده است.

پژوهش دیگری در ژاپن، از نگهداری اقتضائی[4] متکی بر اینترنت اشیاء به عنوان راه حلی هوشمندانه و اقتصادی نام می برد[۹].

در سوئد ضمن روی آوردن به نگهداریِ اقتضائی، مشکلاتِ موقعیت یابی، از دست رفتن داده ها و محدودیت های تحلیل و آنالیز، مهم ترین مسائلی هستند که بهبودِ عملکرد ریلی سوئد را تحت تاثیر قرار داده است[۱۰].

۲,۲پژوهش های مرتبط در حوزه اینترنت اشیاء

طی سال های اخیر، علاوه بر موضوع امنیت، پژوهش ها بیشتر بر نحوه اجرائی سازی و استقرار پروژه ها و ابزارهای متنوع اینترنت اشیاء تمرکز یافته است. در روسیه، چگونگی صرفه جوئی در مصرف انرژی ابزارهای پایش خط ریلی اسفردلوسک به طراحی و پیاده سازی مدلی جهت کاهش مصرف سنسورها و سایر اجزا منتهی شده است[۱۱].

مشابه این پژوهش در هند برای یکپارچه سازی اینترنت اشیاء با گره های خود- تغذیه گر[5] جهت پایش شرایط ریل، طراحی مدل و نیز ابزارک هائی برای استفاده از انرژیِ حاصل از ارتعاش ریل[6] جهت تامین دائمی انرژی موردنیاز برای گردآوری و ارسال داده ها را در پی داشته است[۱۲].

روش هایِ پایش که در خطوط ریلی قابل استفاده هستند به دو گروه: تماسی[7] و غیرتماسی[8] (مانند دوربین) تقسیم می شوند. عملا روش های تماسی (همچون انواع سنسور) که به ریل و یا پابند متصل می گردند، پایه و مبنای مورداستفاده در اینترنت اشیاء هستند. با توجه به جابه جائی سالانه حدود ۴,۴۰۰ میلیارد تن بار ریلی در چین که از رشد سالانه ۷ درصدی برخوردار است حجم ابزارهای موردنیاز جهت پایش و مدیریت بار و خطوط، نیازمند سرمایه گذاری عظیمی است که تامین انرژی موردنیاز جهت گردآوری و انتقال داده ها جز از روش ارتعاش ریل، پنل های خورشیدی و منابع مشابه، فاقد توجیه اقتصادی است [۱۳].

1. Business-Driven
2. Intelligent Transport Systems
3. Cooperative Intelligent Transport Systems
4. Condition Based Maintenance
5. Self-Powered Node
6. Track vibration
7. Contact method
8. Non-contact method

در ایران، مرور پیشینه های علمی و تجربی تبیین می کند که سایر صنایع و خدمات در پیاده سازیِ مفهومِ اینترنت اشیاء نسبت به صنعت ریلی پیشتاز بوده اند، با این وجود برخی موارد در این زمینه قابل اشاره هستند.

در پژوهشی به منظورِ شناسائیِ عوامل موثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان، فناوری مورد توجه، راه اندازیِ سیستم هایِ ATC و CTC در یکی از زیرمعیارها است[۱۴]. معیارهای اصلی عبارتند از: بازرگانی، سیر و حرکت، ناوگان، زیر ساخت و نیروی انسانی. در حالی که امروزه برای ارتباطات و انتقال داده ها بر سیستم های ترکیبی[1] در بخش فنیِ صنعت ریلی تاکید می شود[۱۵]، استفاده از تگ/برچسب در RFID "برای اکتساب داده ها و انتقال اطلاعات کدگذاری شده، به منزله سیستمِ هوشمند لجستیکِ راه آهن با استفاده از IoT" در نظر گرفته شده است[۱۶]. شناسائی الزامات و عوامل موثر بر تجارت الکترونیک در راه آهن، طبقه بندی آنها را در گروه های: پشتیبانی/ حمایتی، شبکه ای/ مخابراتی، فنی/ فناورانه، حقوقی/ قانونی و فرهنگی/ اجتماعی در پی داشته که دو گروه اول در وضعیت مطلوب و یا نزدیک به مطلوب ارزیابی شده اند[۱۷]. در مقاله ای با تاکید بر فقدان پژوهش گسترده در زمینه به کارگیری اینترنت اشیاء جهت بهبود حمل و نقل، مدل هوشمند اطلاعات برای سیستم مترو و خدمات مکان-محور برای کمک به افراد نابینا در حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفته اند که هر دو در حوزه حمل و نقل مسافر طبقه بندی می گردند. تمرکز اصلی مقاله بر امنیت موردنیاز برای اینترنت اشیاء ریلی است [۱۸].

گرچه استفاده از چارچوب کارت امتیازی متوازن در سایر پژوهش های اینترنت اشیاء مسبوق به سابقه است، به کارگیری آن در مطالعات اینترنت اشیاء ریلی و به ویژه صنعت ریلی بار از نوآوری های پژوهش حاضر است. هرچند با توجه به کثرت مطالعات و پژوهش ها در باره اینترنت اشیاء، روش ها و ابزارهای تحلیلی آنها نیز متعدد است که در یکی از پژوهش ها، معماری اینترنت اشیاء به شرح آتی طبقه بندی شده است[۱۹]:

- معماری ARM[2] مرکز تحقیقات بین المللی اتحادیه اروپا با تمرکز بر موضوع سازگاری
- معماری MGC[3] مربوط به پروژه SITP بر اساس رایانش ابری حجم عظیم اطلاعات
- معماری SOA[4] متشکل از پنج لایه یِ اشیاء، سرویس اشیاء، مدیریت سرویس ها، ترکیب خدمات و کاربردها
- معماری Compose[5] با ارائه اکو سیستم متناسب با اینترنت اشیاء دربرگیرنده یِ چرخه یِ کامل عمر سرویس ها
- معماری WOA[6] نسخه یِ به روز شده یِ SOA
- معماری شرکت اریکسون با ارائه معماری سرویس گرا با تغییراتی در برخی از لایه ها
- معماری پروژه ALMANAC بر اساس طراحی شهر هوشمند توسط اتحادیه اروپا

۳. مدل و فرضیه های پژوهش

شناسائی عوامل اثرگذارِ اینترنت اشیاء بر عملکرد صنعت‌حمل‌ریلی‌بار، امکانِ طبقه بندی و مدل‌سازی آنها را فراهم می‌سازد که در مقاله حاضر، در چارچوبِ مفهومِ کارت امتیازی متوازن به آن توجه شده است. علیرغم هزینه بالای سرمایه گذاری اولیه[۲۰]، خروجی‌های این رویکرد می تواند به‌عنوان بخشی مهم از اهداف و ورودی مورد نیاز سازمان‌های استراتژی‌محو[۲۱] در صنعت حمل ریلی بار و در برنامه های میان‌مدت و بلندمدت و استراتژیک آنها قرار گیرد.

از آنجا که هدف اصلی پژوهش، بررسی اثر پیاده‌سازی اینترنت اشیاء در صنعت حمل ریلی‌بار در ایران تعیین شده، پرسش اصلی پژوهش عبارت است از: "پیاده سازیِ اینترنت اشیاء چه تاثیری بر صنعت حمل ریلی بار در ایران دارد؟"

سایر پرسش‌های فرعی‌که این پژوهش در جستجوی پاسخ‌آنها بوده است عبارتند از:

1.Hybrid Systems
2. Architectural Reference Model: ARM

3. eMbedded devices Gateways Cloud: MGC
4. Service Oriented Architecture: SOA
5. Collaborative Open Market to Place Objects at your Service: Compose
6. Web-Oriented Architecture: WOA

- پیاده‌سازی اینترنت اشیاء در حمل ریلی بار چه تاثیری بر افزایش سرعت حمل بار دارد؟
- تاثیرِ پیاده‌سازیِ اینترنت اشیاء در حمل ریلی بار، بر درآمد صنعت ریلی چیست؟
- پیاده سازیِ اینترنت اشیاء چه تاثیری بر هزینه‌های نگهداری در حمل ریلی بار دارد؟
- پیاده سازیِ اینترنت اشیاء بر رشد و یادگیریِ کارکنانِ حمل ریلی بار چه تاثیری دارد؟
- تاثیرِ پیاده‌سازی اینترنت اشیاء در حمل ریلی بار بر انگیزه مشتریان برای استفاده مجدد از روش حمل ریلیِ بار چیست؟

به منظور تعیین اثرگذاریِ مولفه ها، ابتدا سطوح مناسب برای طبقه بندیِ موارد پیشنهادی که در مطالعات شناسائی شده اند تعریف گردیدند. این سطوح عبارتند از: راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی[۲۲]. در ادامه، مولفه های مرتبط که احتمال داده شده است برای سنجش هر یک از سطوح سه گانه یِ فوق مناسب هستند شناسائی و به شرح آتی، طبقه بندی و در شکل شماره ۱ به نمایش گذاشته شده اند. مناسب بودن هر یک از این مولفه ها برای سنجش سطح موردنظر از طریق پرسش نامه مورد داوری خبرگان قرار گرفت.

شکل شماره ۱- رابطه یِ سطوح سه گانه و مولفه های اثرگذار

در پایان این مرحله، موارد پیشنهادی با استفاده از نتایج مطالعات کتابخانه ای استخراج و در پرسش نامه ای مورد استفاده قرار گرفتند تا مناسب بودن هر یک از آنها برای سنجش مولفه یِ مربوطه مورد داوری خبرگان قرار گیرد. در پژوهش حاضر، روائی پژوهش از طریق طراحی دو پرسش نامه و تایید خبرگان بر اساس طیف پنج گزینه ای لیکرت مورد سنجش قرار گرفته است. برای سنجش پایائی نیز از آلفای کرونباخ استفاده شده است.

۵۶ شاخصِ شناسائی شده در مرحله یِ مطالعات کتابخانه ای در جدول شماره ۱ معرفی شده اند. مهم ترین ماخذ و منابع هر یک از شاخص ها در مقابلِ هر شاخص عنوان شده است. از ذکر سایر مراجعی که به طور غیرمستقیم به بررسی شاخص موردنظر پرداخته اند خودداری شده است.

جدول شماره ۱- شاخص های استخراج شده از طریق مطالعات کتابخانه ای

ردیف	شرح	مآخذ
۱	کاهشِ زمانِ اعزام قطار باری	[۲۲]
۲	کاهش زمان سیرِ قطار باری	[۲۲]
۳	امکان تشکیل قطار کامل برنامه ای	[۲۳]
۴	تولید کلان داده های صنعت حمل ریلی بار	[۲۲]
۵	تحلیل کلان داده های صنعت حمل ریلی بار	[۲۲]
۶	کاهش زمان تولید داده های ریلی برای تولید، تحویل و تحلیل اطلاعات ریلی	[۲۴]
۷	کمک به بهبود تولید تجهیزات پیشرفته تر ریلی و ناوگان مدرن تر	[۲۴]
۸	حلِ مشکل مالکیت داده های تولیدی در صنعت ریلی	[۲۵]
۹	بهبود مستمر فرایند سیاست گذاری کلان در زمینه حمل ریلی کالاها	[۲۲]
۱۰	کمک به بهبود فرایند تصمیم گیری بهینه (سریع تر و دقیق تر) در کلیه سطوح	[۲۴]
۱۱	افزایش شفافیت فرایندهای موجود (اعم از پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	[۲۶]
۱۲	بهبود فرایندهای تجاری (اعم از پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	[۲۷]
۱۳	توسعه مدل های جدید تجاری (همانند خدمات ایجاد ارزش افزوده و aaas)	[۲۸]
۱۴	حذف موانع فیزیکی موجود جهت پایش دائمی خطوط، تجهیزات و ناوگان	[۲۶]
۱۵	امکان ایجاد پلتفرم های (Dashboard) تخصصی برای واحدهای سازمانی مرتبط	[۲۴]
۱۶	ایجاد قابلیت پایش به هنگامِ بار (Track & Trace) در تمام مسیر	[۲۵] و [۴۱]
۱۷	کاهش خطاهای انسانی در فرایندهای پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل	[۲۲] و

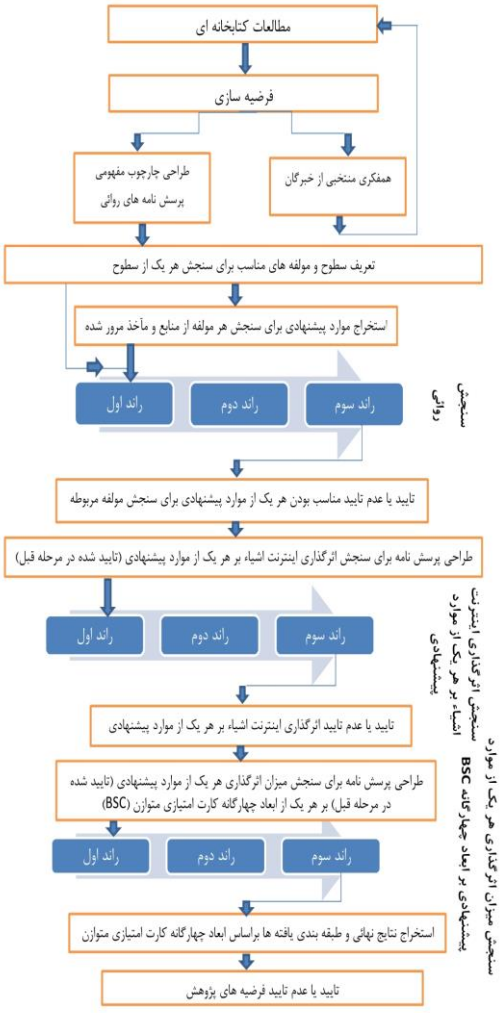
ردیف	شرح	مآخذ
		[۳۷]
۱۸	کاهش قابل توجه در هزینه های نگهداری خطوط، ایستگاه ها، تجهیزات و ناوگان	[۲۳]
۱۹	استقرار فرایندهای نگهداری اقتضائی به جای نگهداری پیشگیرانه در صنعت ریلی حمل بار	[۲۳] و [۳۸]
۲۰	افزایش دقت در پیش بینی هایِ تعمیر و نگهداری خطوط، ایستگاه ها، تجهیزات و ناوگان	[۲۲]
۲۱	افزایش تعداد مشتریان با قیمت های رقابتی	[۶]
۲۲	افزایش تعداد مشتریان با تحویل سریع تر بار در مقایسه با سایر روش های رقیب	[۶]
۲۳	کمک به حفظ وفاداری مشتریان	[۲۶]
۲۴	افزایش احتمال توقف ها به دلیل تنوع معماریِ اشیا	[۲۸]
۲۵	مخاطراتِ قطع شبکه یِ ارتباطی اشیا با یکدیگر	[۲۶]
۲۶	افزایش امکان به کارگیری همزمانِ قابلیت های انواع رسانه هایِ در دسترس	[۲۶]
۲۷	افزایش مقاومت پرسنل در مقابل تغییرات	[۲۰]
۲۸	افزایش اصطکاک های ناشی از تعدیل احتمالی پرسنل	[۲۰]
۲۹	امکان ایجاد کنترل های دقیق تر بر پرسنل	[۲۰]
۳۰	ایجاد نیاز به آموزش مشتریان مختلف با انتظارات متنوع	[۶]
۳۱	کمک به حل پیچیدگی تنظیم سرعت کلیه فرایندهای مرتبط با اشیایِ مختلف	[۲۶]
۳۲	تحمیل هزینه بالای سرمایه گذاری برای راه اندازی اولیه	[۲۰]
۳۳	کمک به ارتقای شاخص های محیط زیست، به ویژه کاهش آلودگی	[۳۰]
۳۴	آسیب به محیط زیست از طریق تولید حجم انبوه اشیایِ مصنوعیِ ساخت بشر	[۳۰]
۳۵	افزایش کارامدی در برقراری ارتباط سیستماتیک بین مدهای مختلف حمل و نقل	[۲۲] و [۳۷]
۳۶	چالش های مربوط به امنیت تبادل داده ها	[۲۴]
۳۷	چالش های مرتبط با امنیت نگهداری داده ها	[۳]
۳۸	افزایش نگرانی های مربوط به حفظ حریم خصوصی	[۲۵]
۳۹	افزایش نگرانی های مرتبط با احتمال انتشار عمومی داده ها	[۲۹]
۴۰	فقدان کنترل بر روی داده های تولیدی از سوی	[۲۲]

ردیف	شرح	مآخذ
	هریک از ذینفعان	و [۳۹]
۴۱	مشکلات ناشی از عدم هماهنگی در سیاست های سازمان های دخیل	[۲۰]
۴۲	عدم تطابق پروتکل های شرکت های صاحب فناوری با یکدیگر	[۲۴] و [۴۰]
۴۳	تنوع استانداردهای مرتبط بر اساس کشورهای مختلف در صورت نیاز به ترانزیت بار	[۲۵]
۴۴	پیچیدگی های فنی ناشی از ارتباط بر خطِ میلیون ها شیء با یکدیگر	[۲۶] و [۴۰]
۴۵	فعالیتِ همزمانِ اشیائی که الزاما به اندازه کافی از یکپارچگی با یکدیگر برخوردار نیستند	[۲۶]
۴۶	مخاطرات احتمالی ناشی از کثرت امواج رادیویی بی شمار برای نقاط دسترسی شبکه ها	[۳]
۴۷	افزایش خیره کننده رقم مصرف انرژی/برق	[۲۴]
۴۸	افزایش تولید CO2 ناشی از مصرف انرژی میلیاردها شیء	[۳۰]
۴۹	صرفه جوئی انرژی حاصل از عدم نیاز دائمی به پایش حضوری تجهیزات ریلی	[۳۰]
۵۰	کاهش اتکا به نیروی انسانی در فرایندهای مرتبط (پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	[۲۰] و [۳۷]
۵۱	پایش برخط و ارزانِ تغییرات محیطی	[۳۰] و [۴۱]
۵۲	افزایش توانائی پشتیبانی از سیستم های عملیاتیِ راه آهن	[۲۲]
۵۳	افزایش درآمد شرکت راه آهن	[۲۰]
۵۴	افزایش سود شرکت های بخش خصوصی مرتبط با حمل ریلی بار	[۲۷]
۵۵	تحمیل هزینه حفظ روش های پشتیبان برای خرابی های پیش بینی نشده اشیاء	[۶]
۵۶	ایجاد پیچیدگی های حقوقی در روابط بین ذینفعان	[۳۱]

در ادامه، خبرگان در باره اثرگذاری اینترنت اشیاء بر هر یک از موارد پیشنهادی به داوری پرداختند. برای این منظور، پرسش نامه دو گزینه ای و با پاسخ بلی/ خیر طراحی گردید. تایید و یا عدم تایید اثرگذاری اینترنت اشیاء بر هر یک از

موارد پیشنهادی از طریق آزمون دوجمله ای و دامنه بین چارکی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در آخرین مرحله یِ نظرخواهی از خبرگان، آن تعداد از موارد پیشنهادی که اثرگذاری اینترنت اشیاء بر آنها در آخرین راندِ مرحله قبل مورد اجماع خبرگان بوده است بر اساس ابعاد چهارگانه یِ مدل کارت امتیازی متوازن مورد داوری خبرگان قرار گرفت؛ بدین ترتیب که میزان اثرگذاری هر یک از موارد پیشنهادی تایید شده در مرحله قبل بر ابعاد عملکردی حمل ریلی بار بر مبنای طبقه بندیِ کارت امتیازی متوازن (شامل فرایندهای ارزش آفرین، مالی، رشد و یادگیری، فروش) در طیف پنج گزینه ای لیکرت مورد داوری قرار گرفت. شکل شماره ۲ مدل مطالعاتی پژوهش را بر اساس توضیحاتی که ارائه شد نمایش می دهد.



شکل شماره ۲. مدل مطالعاتی پژوهش

از آنجا که مقاله حاضر با نگاه به آینده در پیِ یافتنِ پاسخی به این پرسش است که با پیاده سازی احتمالیِ اینترنت اشیاء، خبرگان انتظار چه پیامدها و اثراتی را دارند، می توان آنرا در زمره موضوعاتِ آینده پژوهانه نیز طبقه بندی کرد. در اینصورت، مهم ترین و مناسب ترین گزینه ها برای انجام این دسته از پژوهش ها، به ویژه زمانی که اطلاعات کافی در باره گذشته وجود ندارد و یا رفتار آینده را نمی توان عینا همانند گذشته دانست روش دلفی است. از آنجا که حصول اجماع درباره پیش بینی آینده و یا برآورد و تخمین پارامترهای ناشناخته، مهم ترین دستاورد دلفی است، دریافت بازخور و ناشناس ماندن، دو ویژگی اساسی آن به شمار می روند[۳۱]. دلفی، فراگردی تکراری در دو یا سه چرخه است. در هر چرخه، پرسش نامه ای طراحی می گردد که به نوعی از نتایجِ پرسش نامه های پیشین منتج شده است. طیِ این تکرارها، شرکت کنندگان، پاسخ های های خود را مکررا مورد ارزیابی قرار می دهند. این روش به ویژه در پژوهش های فناوری اطلاعات کاربرد وسیعی دارد [۳۲]. همچنین علاوه بر آینده پژوهی، یکی از کاربردی ترین روش های تحقیق کیفی نیز به شمار می رود[۴۲].

برای انتخاب نمونه ای بین ۸ تا ۲۰ صاحبنظر، از تکنیک گلوله برفی[1] استفاده شده است که یک روش نمونه گیری غیراحتمالی به شمار می رود. یازده نفر از مجموعِ بیست خبره، اقدام به تکمیل پرسش نامه کردند. به منظور اطمینان از جامعیتِ جامعه آماری، سه گروه ذینفعان در پنل خبرگان حضور داشته اند: صاحبنظران دانشگاهی که علاوه بر حضور در صنعت حمل ریلی بار از نزدیک با مفاهیم فناوری اطلاعات آشنائی دارند، مدیران و کارشناسان خبره ریلی که با مفاهیم نسل چهارم صنعت و یا حداقل، فناوری اطلاعات آشنائی داشته اند و خبرگانی از بخش خصوصی که به عنوان بهره بردار نهائی مستقیما از منافع (و یا مضرات) به کارگیری اینترنت اشیاء در صنعت حمل ریلی بار متاثر می گردند.

میانگین تجربه خبرگان حاضر در پنل ۲۵ سال و بیشترین فراوانی در میزان تحصیلات و موقعیت شغلی به ترتیب به دارندگان مدارک کارشناسی ارشد و دکترا و مدیران ارشد اختصاص دارد. پرسش نامه ها به طور همزمان توزیع و محرمانگی مشخصات شرکت کنندگان حفظ گردیده است. علاوه بر روشِ دلفی، پژوهش حاضر از طریق مطالعات کتابخانه ای پشتیبانی شده تا آخرین دستاوردهای تحقیقی و پژوهشیِ مرتبط شناسائی و در جریان این پژوهش، به ویژه در شناسائی موارد اثرگذار مورد استفاده قرار گیرند. از اینرو موارد پیشنهادی اثرگذار استخراج و در پرسش نامه ای مورد

1. Snowball sampling

استفاده قرار گرفتند تا مناسب بودن هر یک از آنها برای سنجش مولفه مربوطه توسط خبرگان مورد داوری قرار گیرد. نتایج پرسش نامه ها برای سنجش روائی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نهائی آخرین راندِ پرسش نامه اخیر، در مرحله تایید و یا عدم تایید فرضیه های مقاله حاضر استفاده شده اند. در مجموع در سه مرحله نظرات خبرگان با استفاده از روش دلفی اخذ شد. برای بررسی پایایی پرسشنامه از تحلیل آلفای کرونباخ استفاده شده است که مقدار ۰/۹۱۵ به دست آمد که مناسب است.

۴. یافته‌ها

در تجزیه و تحلیل یافته های پژوهش حاضر از آمار توصیفی و آمار استنباطی استفاده شده است. این پژوهش همچون بسیاری از پژوهش های مشابه با بررسی داده های گردآوری شده از نمونه ای برگرفته از جامعه بزرگتر انجام شده است. در تحلیلِ نهائی یافته ها از دامنه بین چارکی[1]، آزمون دوجمله ای، میانگین و سایر آزمون های متداولِ کیفی استفاده شده است. IQR یا دامنه یِ بین چارکی (فاصله یِ بین چارک های اول و سوم) یکی از سنجش های پراکندگی در آمار توصیفی است.

نتیجه این بررسی از طریق هر دو آزمون دوجمله ای و دامنه بین چارکی نشان داد که در پایان راند سوم و پس از ارزیابی مجدد دیدگاه ها در خلال راندهای اول و دوم، خبرگان در باره ی روائیِ مولفه های یازده گانه در هر سه سطح راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی که مورد پرسش قرار گرفته بودند به اجماع رسیده اند. نتایج این مرحله در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول شماره ۲. نتایج سنجش روائی

سطح	مولفه	آزمون دوجمله ای	دامنه بین چارکی
راهبردی	سیاست گذاری	۰/۰۰۱	۱
	رقابت پذیری	۰/۰۰۱	۰
	حفظ امنیت	۰/۰۱۲	۱
	حفظ محیط زیست	۰/۰۱۲	۱
تاکتیکی	بهبود فرایندها	۰/۰۰۱	۱
	هماهنگی ذینفعان	۰/۰۰۱	۱
	نیروی انسانی	۰/۰۰۱	۱
	مدیریت داده ها	۰/۰۰۱	۱
عملیاتی	صرفه جوئی در زمان	۰/۰۰۱	۱
	افزایش دقت	۰/۰۰۱	۱
	مخاطرات فنی	۰/۰۱۲	۱

اثرگذاریِ مولفه های بهبود فرایندها، سیاست گذاری و رقابت پذیری از بالاترین اجماع و اثرگذاری مولفه های نیروی انسانی و مخاطرات فنی از کمترین اجماع برخوردار بودند. اثرگذاری موارد پیشنهادی و به تبع آنها اثرگذاری هر یک از مولفه ها بر بعد فرایندهای ارزش آفرین در کارت امتیازی متوازن از بیشترین اجماع خبرگان و اثرگذاری آنها بر بعد مالی در کارت امتیازی متوازن از کمترین اجماع برخوردار است. اثر گذاری موارد پیشنهادی بر اساس سطوح سه گانه که در جدول شماره ۳ نمایش داده شده نشان می دهد که کمترین میزان تایید به بعد مالی و بیشترینِ آن به فرایندهای ارزش آفرین اختصاص دارند.

جدول شماره ۳. یافته های نهائی پژوهش

میانگین سطوح	فرایندها ی ارزش آفرین	مالی	رشد و یادگیر ی	مشتری	میانگین ابعاد کارت امتیازی
راهبردی	۴/۵۱	۳/۱۶	۴/۳۶	۴/۳۵	۱/۴
تاکتیکی	۴/۳۷	۴/۳۵	۴/۴۴	۴/۳۶	۴/۳۸
عملیاتی	۴/۳۷	۴/۳۳	۴/۱۳	۴/۴۴	۴/۳۲
میانگین سطوح	۴/۴۲	۳/۹۵	۴/۳۱	۴/۳۸	۴/۲۶

میانگین اثرگذاری هر یک از مولفه های پیشنهادی بر هر یک از ابعاد چهارگانه کارت امتیازی متوازن نشان می دهد مولفه های بهبود فرایندها، سیاست گذاری و رقابت پذیری از بالاترین اجماع و مولفه های نیروی انسانی و مخاطرات فنی از کمترین اجماع برخوردار هستند. جزئیات این تحلیل و پاسخِ پرسش های پژوهش به این شرح است:

- پیاده سازی اینترنت اشیاء در صنعت حمل ریلی بار چه تاثیری بر افزایش سرعت حمل بار دارد؟ نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد پیاده سازی اینترنت اشیاء بر افزایش سرعت حمل بار تاثیر مثبت دارد. بیشترین اثرگذاریِ مثبتِ مولفه ها بر این بعد عبارتند از: صرفه جوئی در زمان، سیاستگذاری و بهبود فرایندها و کمترین اثرگذاری آنها

1. Inter Quartile Range: IQR

عبارتند از: مخاطرات فنی، هماهنگی ذینفعان و نیروی انسانی.

- تاثیرِ پیاده سازیِ اینترنت اشیاء در صنعت حمل ریلی بار، بر درآمد جاریِ صنعت ریلی چیست؟ پیاده سازیِ اینترنت اشیاء چه تاثیری بر هزینه های نگهداری در صنعت حمل ریلی بار دارد؟ پژوهش حاضر نشان می دهد پیاده سازی اینترنت اشیاء هم بر درآمد جاری و هم بر کاهش هزینه های نگهداری در صنعت حمل ریلی بار اثر مثبت دارد. بیشترین اثرگذاریِ مثبتِ مولفه ها بر این ابعاد عبارتند از: رقابت پذیری، بهبود فرایندها و صرفه جوئی در زمان و کمترین آنها عبارتند از: حفظ امنیت، افزایش دقت و محیط زیست.

- پیاده سازیِ اینترنت اشیاء بر رشد و یادگیریِ کارکنانِ صنعت حمل ریلی بار چه تاثیری دارد؟ نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد پیاده سازی اینترنت اشیاء اثر مثبتی بر رشد و یادگیری کارکنان صنعت حمل ریلی بار دارد. بیشترین اثرگذاریِ مثبتِ مولفه ها بر این بعد عبارتند از: بهبود فرایندها، سیاستگذاری و مدیریت داده ها و کمترین اثرگذاری آنها عبارتند از: مخاطرات فنی، محیط زیست و نیروی انسانی.

- تاثیرِ پیاده سازی اینترنت اشیاء در صنعت حمل ریلی بار بر انگیزه مشتریان برای استفاده مجدد از روش حمل ریلیِ بار چیست؟ پژوهش حاضر نشان می دهد پیاده سازی اینترنت اشیاء بر انگیزه مشتریان برای استفاده مجدد از روش حمل ریلی بار اثر مثبتی دارد. بیشترین اثرگذاریِ مثبتِ مولفه ها بر این بعد عبارتند از: صرفه جوئی در زمان، بهبود فرایندها و مدیریت داده ها و کمترین اثرگذاری آنها عبارتند از: مخاطرات فنی، نیروی انسانی و محیط زیست.

در پاسخِ پرسش اصلی این پژوهش یعنی: پیاده سازیِ اینترنت اشیاء چه تاثیری بر صنعت حمل ریلی بار در ایران دارد؟ یافته های مقاله نشان می دهد که پیاده سازی اینترنت اشیاء بر صنعت حمل ریلی بار تاثیر مثبت دارد؛ هرچند در سطوح سه گانه و نیز هرچند به تفکیکِ هریک از یازده مولفه شناسائی شده، تفاوت هائی در میانگین اثرگذاری ها مشاهده می شود اثرِ مثبتِ پیاده سازی اینترنت اشیاء بر صنعت حمل ریلی بار در مقاله حاضر تایید می شود. جدول شماره ۴، میزان این اثرگذاری را بر هر یک از ابعاد کارت امتیازی متوازن نشان می دهد. به منظور رعایت اختصار، جزئیات هر یک از مولفه ها و میزان اثرگذاری شان به تفصیل در پیوست شماره ۱ ارائه شده است.

جدول شماره ۴. میانگین اثرگذاریِ هر یک از مولفه های پیشنهادی بر هر یک از ابعاد چهارگانه کارت امتیازی متوازن

میانگین مولفه ها	میانگین اثرگذاری هر یک از مولفه های پیشنهادی برهر یک از ابعاد کارت امتیازی				
	فرایندهای ارزش آفرین	مالی	رشد و یادگیری	مشتری	میانگین ابعاد کارت امتیازی
سیاستگذاری	۴/۸۹	۴/۵	۴/۶۴	۴/۳	۴/۵۸
رقابت پذیری	۴/۶۹	۴/۷	۴/۴۲	۴/۵۱	۴/۵۸
حفظ امنیت	۴/۳۶	۳/۹۷	۴/۳۶	۴/۵۱	¾
محیط زیست	۴/۱	۴/۱۵	۴/۰۳	۴/۰۹	۴/۰۹
بهبود فرایندها	۴/۸۳	۴/۵۸	۴/۷۱	۴/۶۶	۴/۶۹
هماهنگی ذینفعان	۴	۴/۳۶	۴/۳۶	۴/۳۶	۴/۲۷
نیروی انسانی	۴/۰۷	۴/۱۶	۴/۲۵	۳/۸۶	۳/۰۸
مدیریت داده ها	۴/۵۹	۴/۳۱	۴/۴۳	۴/۵۷	۴/۴۷
صرفه جوئی در زمان	۴/۹۱	۴/۵۵	۴/۲۷	۴/۹	۴/۶۶
افزایش دقت	۴/۳۳	۴/۱۲	۴/۳۲	۴/۴۶	۴/۳۱
مخاطرات فنی	۳/۸۷	۴/۳۳	۳/۸۱	۳/۹۷	۳/۹۹

۵. جمع بندی و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به بررسی اثرات پیاده سازی اینترنت اشیاء بر صنعت حمل ریلی بار با رویکرد آینده پژوهی و با استفاده از نظرات خبرگان صنعت پرداخته است. اینترنت اشیاء در سایر کشورها به یکی از راه حل های غلبه بر چالش های این صنعت تبدیل شده، اما این راه حل تاکنون در ایران مورد توجه قرار نگرفته و درباره آن، پژوهشی انجام نشده است. در مقاله حاضر ابتدا در مقدمه و ضمن طرح موضوع پژوهش، آمار و اطلاعاتی درباره عملکرد صنعت حمل ریلی بار در ایران ارائه و سپس پیشینه پژوهش های مرتبط در دو حوزه صنعت حمل ریلی بار و اینترنت اشیاء در منابع فارسی و انگلیسی مرور شده است. در بخش سوم، مدل و فرضیه های پژوهش و شاخص های استخراج شده از مطالعات کتابخانه ای معرفی شده اند. در بخش چهارم مقاله، یافته های پژوهش ارائه شده است. آزمون های دو جمله ای و دامنه بین چارکی نشان می دهند یازده مولفه تعیین شده، هرچند به درجات متفاوت، بر روی هر یک از چهار بعد کارت امتیازی متوازن اثرگذار هستند. نتایج هر دو آزمون نشان داد

اینترنت اشیاء از مجموع ۵۶ مورد پیشنهادی، بر روی تعداد پنج مورد از آنها فاقد اثرگذاری است. اثرگذاری اینترنت اشیاء بر ۵۱ مورد باقیمانده از اجماع خبرگان برخوردار بوده است.

اثرگذاری ۹ مورد از موارد پیشنهادی از مجموعِ ۵۶ مورد که از طریق مطالعات کتابخانه ای استخراج شده اند تا پایان راند سوم هم به تایید خبرگان نرسید. اثرگذاری ۴۷ مورد باقیمانده در راند سوم با درجات متفاوتی از میزان موافقت، به تایید خبرگان رسید که جزئیات آن در پیوست شماره ۱ مقاله ارائه شده است.

یافته های مقاله حاضر، همچنین نتایج مهم ترین کاربرد اینترنت اشیاء بر اساس استخراج اطلاعات ۷۲ پژوهش معتبر و مرتبط را که در پایش و تصمیم گیری مشاهده شده است تایید می کند. همچنین نظر اتحادیه بین المللی راه آهن ها را که به کارگیری مفهوم اینترنت اشیاء را در فرایندهای مختلف توصیه کرده [۳۳] موردتایید قرار می دهد.

با توجه به تایید اثرگذاریِ مثبتِ پیاده سازی اینترنت اشیاء بر عملکرد صنعت حمل ریلی بار در ایران در مقاله حاضر که پرسش اصلی پژوهش را شکل داده است، یافته هائی که صنعت حمل و نقل را یکی از مستعدترین صنایع جهت پیاده سازی مفهومِ اینترنت اشیاء معرفی می کند [۳۵] تایید می گردد.

یافته های مقاله حاضر با نتیجه گیریِ سه پژوهش [۹] و [۲۳] و [۶] در ژاپن و کره جنوبی که نشان می دهند با اطمینان کردن به فناوری های جدید، هزینه نگهداری خطوط و تجهیزات به طور قابل توجهی کاهش می یابد هم جهت است.

یافته های پژوهش حاضر، نتایج مهم ترین کاربرد اینترنت اشیاء بر اساس استخراج اطلاعات ۷۲ پژوهش معتبر و مرتبط را که در پایش و تصمیم گیری مشاهده شده است [۳۴] به طور ضمنی تایید می کند.

با توجه به تایید اثرگذاریِ مثبتِ پیاده سازی اینترنت اشیاء بر عملکرد صنعت حمل ریلی بار در ایران در پژوهش حاضر که پرسش اصلی پژوهش را شکل داده است، یافته های پژوهشی، نه تنها صنعت حمل و نقل را یکی از مستعدترین صنایع جهت پیاده سازی مفهومِ اینترنت اشیاء معرفی می کند [۳۵] بلکه حساس ترین و پیچیده ترین بخش های این صنعت یعنی قطارهای سریع السیر[1] [۴۳] و نیز قطارهای مغناطیسی[2] در حال به کارگیری اینترنت اشیا است [۴۴]. نمونه یِ اجرائی شده از به کارگیری اینترنت اشیاء در فرایندهایِ ترکیبیِ حمل و نقل به عنوان یک بندر هوشمند[3] ، در هامبورگ آلمان قابل مشاهده است [۳۵]. علاوه بر یکپارچه سازیِ فرایندهای درون بندر، هماهنگی بسیار بالائی با سایر مدها/روش های حمل بار و از جمله قطار و کامیون ایجاد و عملکرد بندر به طور قابل توجهی بهبود یافته است.

نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد پیاده سازی اینترنت اشیاء بر افزایش سرعت حمل بار، بر افزایش درآمد جاری و نیز بر کاهش هزینه های نگهداری در صنعت حمل ریلی بار، بر رشد و یادگیری کارکنان صنعت حمل ریلی بار و بالاخره بر انگیزه مشتریان برای استفاده مجدد از روش حمل ریلی بار، هرچند به درجات متفاوت تاثیر مثبت دارد.

نوآوری اصلی مقاله یعنی مدلسازیِ اثرات استقرار اینترنت اشیاء بر عملکرد صنعت حمل ریلی بار در چارچوب مفهوم کارت امتیازی متوازن، روشی قابل اتکا برای تعریفِ بخش مهمی از ورودی های یک برنامه بلندمدت (و احتمالا استراتژیکِ) ذینفعان صنعت حمل ریلی بار را با استفاده از آخرین دستاوردهای فناوری اطلاعات فراهم می سازد.

در پایان، مهم ترین پیشنهادهای کاربردی پژوهش به شرح زیر ارائه می گردند:

- پیش بینی منابع لازم از طریق به روز رسانیِ برنامه استراتژیک شرکت راه آهن و نیز برنامه جامع حمل و نقل کشور بر مبنای اثرگذاری اینترنت اشیاء بر عملکرد حمل ریلی بار.
- اصلاح قانون به منظور تضمین سرمایه گذاری بخش خصوصی داخلی و سرمایه گذاری خارجی برای تسریع در استقرار اینترنت اشیاء در صنعت حمل ریلی بار با مشارکت ذینفعان اصلی.
- تدوین مقررات مرتبط با مرزبندی دقیق وظایف، مسوولیت ها و نحوه داوری (یک نهاد رگولاتوری بیطرف و مقبول) درباره اختلافات و مشکلات احتمالی ناشی از استقرار اینترنت اشیاء و امنیت و مالکیت کلان داده ها.
- بازتعریف نقش و جایگاه (حاکمیتی، تصدی گری) راه آهن، وزارت راه و وزارت ارتباطات در رابطه با استقرار، زیرساخت ها، امنیت و سایر ابعاد اینترنت اشیاء در صنعت حمل ریلی بار.

1. High Speed Trains
2. Magnetic Levitation: Maglev
3. Intelligent Port

- ایجاد مشوق های مستقیم مالی و مالیاتی جهت تغییر رویکرد ذینفعان صنعت حمل ریلی بار از نگهداری و تعمیر پیشگیرانه (PM) به نگهداری اقتضائی.

مراجع

[1] مشیری، مونا و احدی، حمیدرضا، "بررسی سهم بازار حمل و نقل ریلی فرآورده های نفتی"، مهندسی حمل و نقل، سال پنجم، شماره اول، پائیز ۱۳۹۲، صص ۱۳۱-۱۴۲.

[2] مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، "چالش های حمل و نقل حوزه ریلی"، معاونت پژوهش های زیربنائی و امور تولیدی، دفتر مطالعات زیربنائی، اردیبهشت ۱۳۹۸.

[3] NIST, "Considerations for managing of Internet of Things (IOT), Cybersecurity and privacy risks", National Institute of Standards & Technology: *NIST, NISTIR 8282, US, Department of Commerce*, June 2019.

[4] Sun, Ling, Li, Yameng, & Gao, Jian, "Architecture and application research of cooperative intelligent transport system", Procedia engineering, Vol. 137, 747-753, 2016

[5] Gordon, J.R., Lee, P.M. and Lucas, H.C., "A resource-based view of competitive advantage at the Port of Singapore", *The Journal of Strategic Information System*, Vol. 14 No. 1, p 69-86, 2005.

[6] Yokoyama, Atsushi, "Innovative Changes for maintenance of railway by using ICT -to achieve Smart Maintenance-", *Procedia CIRP 38*, 24-29, 2015

[7] Eiza, Mahmoud, et al,"Rail Internet of Things: An Architectural Platform and Assured Requirements Model", 2015, 10.1109/CIT/IUCC/DASC/PICOM.2015.52.

[8] Guthrie Ferguson, Andrew, "The Internet of Things and the fourth Amendment of Effects", *California Law Review*, Vol. 104, No. 4, August 2016.

[9] Takikawa, Mitsunobu, "Innovation in railway maintenance utilizing information and communication technology (smart maintenance initiative)", *Japan Railway & transport Review*, No.67, Mar 2016.

[10] Karim, Ramin, Tretten, Phillip, & Al-Douri, K. Yamur, "Improvement of railway performance: a case study of Swedish railway infrastructure", *J. Mod. Transport*, 24(1):22-37, 2016.

[11] Lavrukhin et al., "Applying of IIoT technologies in an automated information system for monitoring and accounting of energy resources", *Journal of Physics*: Conference Series, 1441, 2020.

[12] Rani, D. Pushgara, Kalaiselvi, V.K.G., Kanthan, S.S. Rishi, Prasath, G.S.S. Surya, Integration of IoT with self-powered nodes for railway condition monitoring, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-5, January 2020.

[13] Yuliang et al., Continuous monitoring of train parameters using IoT sensor and edge computing, has been accepted for publication in *IEEE Sensors Journal*, 2020, DOI 10.1109/JSEN.2020.3026643.

[14] یگانه، رقیه، شناسائی و اولویت بندی عوامل موثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی در راه آهن ایران با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه علم و هنر، ۱۳۹۴.

[15] Hua-Ching Chen, Chia-Lun Wu, Jwo-Shiun Sun and Hsuan-Ming Feng, "Carrier Current Line Systems Technologies in M2M Architecture for Wireless Communication", Hindawi Publishing Corporation, *Journal of Sensors*, Volume 2016, Article ID 2652310.

[16] مرغزاری، حمیدرضا؛ کریمی، عباس و کاظمی، منوچهر، "پیاده سازی پلتفرم مدیریت شناسائی هوشمند در سیستم لجستیک راه آهن به وسیله اینترنت اشیا"، کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در علوم، تکنولوژی و مهندسی، ۹ بهمن ۱۳۹۵، صص ۱۲۵۰-۱۲۵۷.

[17] قمری، یاسین؛ خمسه، عباس و رمضانی، علی، "ارزیابی عملکرد ابعاد و شاخص های تجارت الکترونیک در صنعت حمل و نقل(مطالعه موردی: شرکت مرکزی راه آهن جمهوری اسلامی ایران)"، کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری، ۱۳۹۴.

[18]جان نثاری، اعظم و اجاقلو، مرتضی، "ظهور تکنولوژی اینترنت اشیاء در صنعت ریلی (RIOT)، مزایا و چالش های پیشرو"، سومین کنگره بین المللی کامپیوتر، برق و مخابرات، مشهد، ۱۳۹۵

[19] مرکز تحقیقات مخابرات ایران، "شناسائی مراکز تحقیقاتی، چالش ها و راه حل ها در امنیت اینرنت اشیاء"، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، پژوهشکده امنیت ارتباطات و فناوری اطلاعات، پروژه تحلیل چالش های امنیتی در اینترنت اشیاء، نسخه نهائی، فروردین ۱۳۹۴.

[20] Batrawi, Mohamed and Percudani, Pietro, "The impact of Internet of Things unification with project Management disciplines in Project-Based Organizations", Master Thesis, Umea School of Business and Economics, Umea Universitet, 2017.

[21] کاپلان، رابرت. اس و نورتون، دیوید. پی، سازمان استراتژی محور، ترجمه بختیاری، پرویز، چاپ پنجم، سازمان مدیریت صنعتی، ۱۳۸۶.

[22] Brous, paul and Janssen, Marjin, "Effects of the Internet of Things (IoT): A systematic review of the benefits and risks", *The 2015 International Conference on Electronic Business*, Taipei, December 6-10, 2015.

[23] Jo, Ohyun, Kim, Yong-Kyu & Kim, Juyeop, "Internet of things for Smart Railway: Feasibility and Applications", DOI 10.1109/JIOT.2017.2749401,*IEEE Internet of Things Journal, 2017.*

[24] Atkeson, Andrew and Patick J. Kehoe, "Modeling the Transition to a New Economy: Lessons from Two Technological Revolutions", *American Economic Review*, March 2007, Vol. 97 Issue 1. pp 64-88.

[25] Sarmah, Animesh and Baruha, Kaustabh Kailyan and Baruha, Amlan Jyoti, "A Breif Review on Internet of Things", *Internation Reaserch Journal ogf Engineering and Technology: IRJET*, Volume 04, Issue 10, October 2017.

[26] Awad, Ali Ismail, Furnell, Steven, Hassan, Abbas M., "Special issue on security of IoT-enabled infrastructures in smart cities", *Ad Hoc Networks*, Elsevier, 2019.

[27] Widyantara, I Made Oka and Sastra, Nyoman Putra, "Internet of things for intelligent traffic monitoring system: a case study in Denpasar", *International Journal of Computer trends and Technology (IJCCT)*, Vol. 30, No. 3, December 2015, pp 169-173.

[28] Wielky, Janusz, "The impact of the Internet of Things concept development onchanges in the operations of modernenterpries", Polish Journal of Management Studies, July 2017.

[29] Saxena, Karan and R. Arpita and Asish Bhadra, Amit, "Internet of Things", *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach: IJESTA*, Volume 01, No. 4, April 2015.

[30] Laura, Diana Radu, "Enviromental issues in Internet of Things: Challenges and Solutions", *ACTA Universitatis Danubius*, Vol. 14, No. 1, 2018.

[31] Puglisi, Marika, The study of the futures: "An overview of the futures studies methodologies", In: Camarda D. (ed.), Grassini L. (ed.). Interdependency between agriculture and urbanization: Conflicts sustainable use of soil and water. *Bari: CIHEAM*, 2001. P. 439-463 (Options Mediterraneennes: Serie A. Semminaires Mediterraneens: n. 44).

[32] علیدوستی، سیروس، "روش دلفی: مبانی، مراحل و نمونه هائی از کاربرد"، فصلنامه علمی-ترویجی مدیریت و توسعه، سال هشتم، شماره ۳۱، زمستان ۱۳۸۵.

[33] UIC, "Digital Railway Developments", *International Union of Railways*, Version 4, 2017.

[34] Asghari, Parvaneh, Rahmani, Amir Masoud and Haj Seyyed Javadi, Hamid, "Internet of Things applications: a systematic review", Computers Networks 148 (2019), 241-261.

[35]Boyes, Hugh; Hallaq, Bil; Cunningham, Joe; Watson, Teim, "The industrial internet of things (IIOT): An analysis framework", *Computer in Industry* 101, 2018, 1-12.

[36] Fraga-Lamas, Paula , Fernández-Caramés, Tiago-M, Castedo, Luis, "Towards the Internet of Smart Trains: A Review on Industrial iot-Connected Railways", *Sensors 2017, 17, 1457; doi:10.3390/s17061457*.

[37] Ferretti, Marco and Schiavone, Francesco, "Internet of Things and business processes redesign in seaports: The case of Hamburg", *Business Process Management Journal*, Vol. 22 Issue: 2, pp.271-284, 2016

[38] Menendez, Manuel et al., "Development of a smart framework based on knowledge to support infrastructure

maintenance decision in railway corridors", *6th Transport Reaserch Arena April 18-21, 2016, Transportation Research Procedia*, Vol. 14(2016), 1987-1995.

[39] Osama Oransa, Mostafa Abdel-Azim, "Railway as a Thing: New railway control system in Egypt using iot", *Science and Information Conference (SAI)*, Jul. 2015.

[40] Perwej, Yusuf, Bedine, kerim, Abou Ghali, Mahoumud Ahmed and -Harb, Hani Ali mahmoud, "An extended review on Internet of Thongs (IoT) and its promising applications", *Communications on Applied Electronics (CAE)* – ISSN: 2394-4714, Foundation of Computer Science FCS, New York, USA, Volume 7– No. 26, February 2019.

[41] Plessis, Carl Jan du, "A framework for implementing industries 4:0 in learning factories ", *Faculty of Engineering*, Stellenbosch University, 2017.

[42] Rowe, Gene and Wright, George, "The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis", *International Journal of Forecasting* (www.elsevier.com), 1999.

[43] Guidong, Zhong, Ke, Xiong and Bo, Ai, "Internet of things for high-speed railways", *Intelligent and Converged Networks*, 2021, 2(2); 115-132.

[44] Singh, Prashant, Elmi, Zeinab, Meriga, Vamshi Krishna, Pasha, Junayed and Dulebenets A., Maxim, "Internet of Things present and future", Cleaner Logistic and Supply Chain, 4 (2022) 100065.

پیوست شماره ۱

جزئیات هر یک از مولفه ها و میزان اثرگذاری شان بر هر یک از ابعاد کارت امتیازی متوازن

موارد پیشنهادی	میانگین اثرگذاری هر یک از مولفه های پیشنهادی برهر یک از ابعاد کارت امتیازی				
	فرایندهای ارزش آفرین	مالی	رشد و یادگیری	مشتری	میانگین ابعاد کارت امتیازی
بهبود مستمر فرایند سیاست گذاری کلان در زمینه حمل ریلی کالاها	۴،۹۱	۴،۴۵	۴،۶۴	۴،۴۵	۴،۶۱
کمک به بهبود فرایند تصمیم گیری بهینه (سریع تر و دقیق تر) در کلیه سطوح	۴،۸۲	۴،۳۶	۵	۴،۶۴	۴،۷
ایجاد پیچیدگی های حقوقی در روابط بین ذینفعان	۲،۸۲	۴،۲۷	۴،۲۷	۳،۰۹	۳،۶۱
توسعه مدل های جدید تجاری (همانند خدمات ایجاد ارزش افزوده و aaas)	۵	۴،۹۱	۴،۶۴	۵	۴،۸۹
میانگین مولفه سیاستگذاری	**۴،۸۹**	**۴،۵**	**۴،۶۴**	**۴،۳**	**۴،۵۸**
افزایش تعداد مشتریان با قیمت های رقابتی	۴،۹۱	۴،۹۱	۴،۴۵	۵	۴،۸۲
افزایش تعداد مشتریان با تحویل سریع تر بار در مقایسه با سایر روش های رقیب	۵	۴،۸۲	۴،۸۲	۴،۵۵	۴،۸
کمک به حفظ وفاداری مشتریان	۴،۹۱	۴،۴۵	۴،۶۴	۴،۷۳	۴،۶۸
تحمیل هزینه بالای سرمایه گذاری برای راه اندازی اولیه	۳،۱۸	۴،۷۳	۳،۱۸	۳،۱۸	۳،۵۷
کمک به بهبود تولید تجهیزات پیشرفته تر ریلی از جمله ناوگان مدرن تر	۴،۹۱	۴،۳۶	۴،۶۴	۴،۷۳	۴،۶۶
تحلیل کلان داده های صنعت حمل ریلی بار	۴،۷۳	۴،۶۴	۴،۷۳	۴،۷۳	۴،۷
افزایش درآمد شرکت راه آهن	۴،۷۳	۵	۴،۰۹	۴،۳۶	۴،۵۴
افزایش سود شرکت های بخش خصوصی مرتبط باحمل ریلی بار	۵	۵	۴،۴۵	۴،۳۶	۴،۷
افزایش کارامدی در برقراری ارتباط سیستماتیک بین مدهای مختلف حمل و نقل	۴،۹۱	۴،۴۵	۴،۸۲	۵	۴،۸
میانگین مولفه رقابت پذیری	**۴،۶۹**	**۴،۷**	**۴،۴۲**	**۴،۵۱**	**۴،۵۸**
چالش های مربوط به امنیت تبادل داده ها	۴،۳۶	۳،۹۱	۴،۲۷	۴،۳۶	۴،۲۲
چالش های مرتبط با امنیت نگهداری داده ها	۴،۳۶	۴،۱۸	۴،۳۶	۴،۳۶	۴،۳۲
افزایش نگرانی های مربوط به حفظ حریم خصوصی	۴،۳۶	۳،۸۲	۴،۴۵	۴،۸۲	۴،۳۶
میانگین مولفه حفظ امنیت	**۴،۳۶**	**۳،۹۷**	**۴،۳۶**	**۴،۵۱**	**۴،۳**
صرفه جوئی انرژی حاصل از عدم نیاز دائمی به پایش حضوری تجهیزات ریلی	۴،۸۲	۴،۵۵	۴،۴۵	۴،۳۶	۴،۵۵
کمک به ارتقای شاخص های محیط زیست، به ویژه کاهش آلودگی	۴،۳۶	۳،۸۲	۴،۲۷	۴،۲۷	۴،۱۸
آسیب به محیط زیست از طریق تولید حجم انبوه اشیایِ مصنوعیِ ساخت بشر	۳،۲۷	۳	۳،۵۵	۳،۰۹	۳،۲۳
افزایش خیره کننده رقم مصرف انرژی/برق	۴	۴،۸۲	۳،۶۴	۴،۴۵	۴،۲۳
افزایش تولید CO2 ناشی از مصرف انرژی میلیاردها شیء	۴،۰۹	۴،۵۵	۴،۲۷	۴،۲۷	۴،۳
میانگین مولفه محیط زیست	**۴،۱**	**۴،۱۵**	**۴،۰۳**	**۴،۰۹**	**۴،۹**
میانگین سطح راهبردی	**۴،۵۱**	**۳،۱۶**	**۴،۳۶**	**۴،۳۵**	**۴،۱**
امکان‌تشکیل قطارکامل برنامه‌ای	۵	۴،۴۵	۴،۸۲	۴،۴۵	۴،۶۸

کاهش قابل توجه در هزینه های نگهداری خطوط، ایستگاه ها، تجهیزات و ناوگان	۴.۵۵	۴,۹۱	۴,۴۵	۵	۴,۷
افزایش شفافیت فرایندهای موجود (اعم از پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	۴,۹۱	۴,۷۳	۴,۴۵	۴,۷۳	۴,۷
بهبود فرایندهای تجاری (اعم از پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	۵	۴,۴۵	۴,۸۲	۴,۹۱	۴
استقرار فرایند نگهداری اقتضائی به جای نگهداری پیشگیرانه در صنعت ریلی حمل بار	۵	۴,۶۴	۴,۸۲	۴,۶۴	۴,۷۸
افزایش دقت در پیش بینی هایِ تعمیر و نگهداری خطوط، ایستگاه ها، تجهیزات و ناوگان	۴,۶۴	۴,۵۵	۴,۶۴	۴,۵۵	۴,۶
افزایش توانائی پشتیبانی از سیستم های عملیاتیِ راه آهن	۴,۷۳	۴,۳۶	۵	۴,۳۶	۴
میانگین‌مولفه بهبود فرایندها	**۴.۸۳**	**۴.۵۸**	**۴,۷۱**	**۴,۶۶**	**۴,۷**
تنوع استانداردهای مرتبط بر اساس کشورهای مختلف در صورت نیاز به ترانزیت بار	۴	۴,۳۶	۴,۳۶	۴,۳۶	۴,۳۶
میانگین مولفه هماهنگی ذینفعان	**۴**	**۴,۳۶**	**۴,۳۶**	**۴,۳۶**	**۴,۲۷**
کاهش اتکا به نیروی انسانی در فرایندهای مرتبط (پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	۴,۷۳	۴,۵۵	۴,۴۵	۴,۳۶	۴,۵۵
افزایش‌مقاومت درمقابل تغییرات	۳.۵۵	۴,۳۶	۴,۸۲	۴,۳۶	۴,۲۷
افزایش اصطکاک های ناشی از تعدیل احتمالی پرسنل	۳,۸۲	۴	۴,۰۹	۳,۱۸	۳,۷۷
امکان ایجاد کنترل های دقیق تر بر پرسنل	۴,۱۸	۳,۷۳	۳,۴۵	۳,۵۵	۳,۷۳
میانگین مولفه نیروی انسانی	**۴,۰۷**	**۴,۱۶**	**۴,۲۵**	**۳,۸۶**	**۴,۰۸**
فقدان کنترل بر روی داده های تولیدی از سوی هریک از ذینفعان	۳,۲۷	۳,۰۹	۳,۳۶	۴,۲۷	۳,۶
حلِ مشکل مالکیت داده های تولیدی در صنعت ریلی	۴,۴۵	۴,۳۶	۴,۴۵	۴,۶۴	۴,۴۷
تولید کلان داده های صنعت حمل ریلی بار	۴,۷۳	۴	۴,۳۶	۴,۳۶	۴,۳۶
افزایش امکان به کارگیری همزمانِ قابلیت های انواع رسانه هایِ در دسترس	۴,۷۳	۴,۵۵	۴,۶۴	۴,۸۲	۴,۶۸
امکان ایجاد پلتفرم های داشبورد تخصصی برای واحدهای سازمانی	۴,۹۱	۴,۶۴	۴,۸۲	۴,۲۷	۴,۶۶
ایجاد قابلیت پایش به هنگامِ بار (Track & Trace) در مسیر	۵	۴,۸۲	۴,۸۲	۴,۹۱	۴,۸۹
پایش برخط و ارزانِ تغییرات محیطی	۴,۸۲	۴,۷۳	۴,۵۵	۴,۷۳	۴,۷
میانگین‌مولفه مدیریت داده‌ها	**۴.۵۹**	**۴,۳۱**	**۴,۴۳**	**۴,۵۷**	**۴,۴۷**
میانگین سطح تاکتیکی	**۴,۳۷**	**۴,۳۵**	**۴,۴۴**	**۴,۳۶**	**۴,۳۸**

کاهشِ زمانِ اعزامِ قطار باری	۴,۹۱	۴,۳۶	۴,۱۸	۴,۸۱	۴,۵۶
کاهشِ زمانِ سیرِ قطار باری	۴,۹۱	۴,۷۳	۴,۳۶	۵	۴,۷۵
میانگین مولفه صرفه جوئی در زمان	**۴,۹۱**	**۴,۵۵**	**۴,۲۷**	**۴,۹**	**۴,۶۵**
حذف موانع فیزیکی موجود جهت پایش دائمی خطوط، تجهیزات و ناوگان	۴	۳,۶۴	۳,۸۲	۴	۳,۸۶
مخاطراتِ قطع شبکه یِ ارتباطی اشیا با یکدیگر	۴,۴۵	۴,۲۷	۴,۵۵	۴,۷۳	۴,۴۷
ایجاد نیاز به آموزش مشتریان مختلف با انتظارات متنوع	۴,۵۵	۴,۴۵	۴,۶	۴,۶۴	۴,۵۶
میانگین مولفه افزایش دقت	**۴,۳۳**	**۴,۱۲**	**۴,۳۲**	**۴,۴۶**	**۴,۳**
افزایش نگرانی های مرتبط با احتمال انتشار عمومی داده ها	۴,۳۶	۴,۲۷	۴,۱۸	۴,۴۵	۴,۳۲
مخاطرات احتمالی ناشی از کثرت امواج رادیویی بی شمار برای نقاط دسترسی شبکه ها	۴,۱۸	۴,۱۸	۴,۱۸	۴,۱۸	۴,۱۸
تحمیل هزینه حفظ روش های پشتیبان برای خرابی های پیش بینی نشده اشیاء	۳,۰۹	۴,۵۵	۳,۰۹	۳,۲۷	۳,۵
میانگین مولفه مخاطرات فنی	**۳,۸۷**	**۴,۳۳**	**۳,۸۱**	**۳,۹۷**	**۴**
میانگین سطح عملیاتی	**۴,۳۷**	**۴,۳۳**	**۴,۱۳**	**۴,۴۴**	**۴,۳۲**
میانگین کلیه سطوح	**۴,۴۲**	**۳,۹۵**	**۴,۳۱**	**۴,۳۸**	**۴,۲۶**
بهبود مستمر فرایند سیاست گذاری کلان در زمینه حمل ریلی کالاها	۴,۹۱	۴,۴۵	۴,۶۴	۴,۴۵	۴,۶۱
کمک به بهبود فرایند تصمیم گیری بهینه (سریع تر و دقیق تر) در کلیه سطوح	۴,۸۲	۴,۳۶	۵	۴,۶۴	۴,۷
ایجاد پیچیدگی های حقوقی در روابط بین ذینفعان	۲,۸۲	۴,۲۷	۴,۲۷	۳,۰۹	۳,۶۱
توسعه مدل های جدید تجاری (همانند خدمات ایجاد ارزش افزوده و aaas)	۵	۴,۹۱	۴,۶۴	۵	۴,۸۹
میانگین مولفه سیاستگذاری	**۴,۸۹**	**۴,۵**	**۴,۶۴**	**۴,۳**	**۴,۵۸**
افزایش تعداد مشتریان با قیمت های رقابتی	۴,۹۱	۴,۹۱	۴,۴۵	۵	۴,۸۲
افزایش تعداد مشتریان با تحویل سریع تر بار در مقایسه با سایر روش های رقیب	۵	۴,۸۲	۴,۸۲	۴,۵۵	۴,۸
کمک به حفظ وفاداری مشتریان	۴,۹۱	۴,۴۵	۴,۶۴	۴,۷۳	۴,۶۸
تحمیل هزینه بالای سرمایه گذاری برای راه اندازی اولیه	۳,۱۸	۴,۷۳	۳,۱۸	۳,۱۸	۳,۵۷
کمک به بهبود تولید تجهیزات پیشرفته‌تر ازجمله‌ناوگان مدرن‌تر	۴,۹۱	۴,۳۶	۴,۶۴	۴,۷۳	۴,۶۶
تحلیل کلان داده های صنعت حمل ریلی بار	۴,۷۳	۴,۶۴	۴,۷۳	۴,۷۳	۴,۷
افزایش درآمد شرکت راه آهن	۴,۷۳	۵	۴,۰۹	۴,۳۶	۴,۵۴
افزایش سود شرکت های بخش خصوصی‌مرتبط با حمل ریلی بار	۵	۵	۴,۴۵	۴,۳۶	۴,۷

افزایش کارامدی در برقراری ارتباط سیستماتیک بین مدهای مختلف حمل و نقل	۴,۹۱	۴,۴۵	۴,۸۲	۵	۴,۸
میانگین مولفه رقابت پذیری	**۴,۶۹**	**۴,۷**	**۴,۴۲**	**۴,۵۱**	**۴,۵۸**
چالش های مربوط به امنیت تبادل داده ها	۴,۳۶	۳,۹۱	۴,۲۷	۴,۳۶	۴,۲۲
چالش های مرتبط با امنیت نگهداری داده ها	۴,۳۶	۴,۱۸	۴,۳۶	۴,۳۶	۴,۳۲
افزایش نگرانی های مربوط به حفظ حریم خصوصی	۴,۳۶	۳,۸۲	۴,۴۵	۴,۸۲	۴,۳۶
میانگین مولفه حفظ امنیت	**۴,۳۶**	**۳,۹۷**	**۴,۳۶**	**۴,۵۱**	**۴,۳**
صرفه جوئی انرژی حاصل از عدم نیاز دائمی به پایش حضوری تجهیزات ریلی	۴,۸۲	۴,۵۵	۴,۴۵	۴,۳۶	۴,۵۵
کمک به ارتقای شاخص های محیطزیست،بهویژه‌کاهش‌آلودگی	۴,۳۶	۳,۸۲	۴,۲۷	۴,۲۷	۴,۱۸
آسیب به محیط زیست از طریق تولید حجم انبوه اشیایِ مصنوعیِ ساخت بشر	۳,۲۷	۳	۳,۵۵	۳,۰۹	۳,۲۳
افزایش رقم مصرف انرژی/برق	۴	۴,۸۲	۳,۶۴	۴,۴۵	۴,۲۳
افزایش تولید CO_2 ناشی از مصرف انرژی میلیاردها شیء	۴,۰۹	۴,۵۵	۴,۲۷	۴,۲۷	۴,۳
میانگین مولفه محیط زیست	**۴,۱**	**۴,۱۵**	**۴,۰۳**	**۴,۰۹**	**۴,۹**
میانگین سطح راهبردی	**۴,۵۱**	**۳,۱۶**	**۴,۳۶**	**۴,۳۵**	**۴,۱**
امکان‌تشکیل قطارکامل برنامه‌ای	۵	۴,۴۵	۴,۸۲	۴,۴۵	۴,۶۸
کاهش قابل توجه در هزینه های نگهداری خطوط، ایستگاه ها، تجهیزات و ناوگان	۴,۵۵	۴,۹۱	۴,۴۵	۵	۴,۷
افزایش شفافیت فرایندهای موجود (اعم از پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	۴,۹۱	۴,۷۳	۴,۴۵	۴,۷۳	۴,۷
بهبود فرایندهای تجاری (اعم از پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	۵	۴,۴۵	۴,۸۲	۴,۹۱	۴
استقرار فرایندهای نگهداری اقتضائی به جای نگهداری پیشگیرانه درصنعت ریلی‌حمل‌بار	۵	۴,۶۴	۴,۸۲	۴,۶۴	۴,۷۸
افزایش دقت در پیش بینی هایِ تعمیر و نگهداری خطوط، ایستگاه ها، تجهیزات و ناوگان	۴,۶۴	۴,۵۵	۴,۶۴	۴,۵۵	۴,۶
افزایش توانائی پشتیبانی از سیستم های عملیاتیِ راه آهن	۴,۷۳	۴,۳۶	۵	۴,۳۶	۴
میانگین‌مولفه بهبود فرایندها	**۴,۸۳**	**۴,۵۸**	**۴,۷۱**	**۴,۶۶**	**۴,۷**
تنوع استانداردهای مرتبط بر اساس کشورهای مختلف در صورت نیاز به ترانزیت بار	۴	۴,۳۶	۴,۳۶	۴,۳۶	۴,۳۶
میانگین مولفه هماهنگی ذینفعان	**۴**	**۴,۳۶**	**۴,۳۶**	**۴,۳۶**	**۴,۲۷**

کاهش اتکا به نیروی انسانی در فرایندهای مرتبط (پذیرش، انبارش، اعزام، حمل و تحویل)	۴,۷۳	۴,۵۵	۴,۴۵	۴,۳۶	۴,۵۵
افزایش‌مقاومت درمقابل تغییرات	۳,۵۵	۴,۳۶	۴,۸۲	۴,۳۶	۴,۲۷
افزایش اصطکاک های ناشی از تعدیل احتمالی پرسنل	۳,۸۲	۴	۴,۰۹	۳,۱۸	۳,۷۷
امکان ایجاد کنترل های دقیق تر بر پرسنل	۴,۱۸	۳,۷۳	۳,۴۵	۳,۵۵	۳,۷۳
میانگین مولفه نیروی انسانی	**۴,۰۷**	**۴,۱۶**	**۴,۲۵**	**۳,۸۶**	**۴,۰۸**
فقدان کنترل بر روی داده های تولیدی از سوی هریک از ذینفعان	۳,۲۷	۳,۰۹	۳,۳۶	۴,۲۷	۳,۶
حلِ مشکل مالکیت داده های تولیدی در صنعت ریلی	۴,۴۵	۴,۳۶	۴,۴۵	۴,۶۴	۴,۴۷
تولید کلان داده های صنعت حمل ریلی بار	۴,۷۳	۴	۴,۳۶	۴,۳۶	۴,۳۶
افزایش امکان به کارگیری همزمانِ قابلیت های انواع رسانه هایِ در دسترس	۴,۷۳	۴,۵۵	۴,۶۴	۴,۸۲	۴,۶۸
امکان ایجاد پلتفرم های داشبورد تخصصی برای واحدهای سازمانی	۴,۹۱	۴,۶۴	۴,۸۲	۴,۲۷	۴,۶۶
ایجاد قابلیت پایش به هنگامِ بار (Track & Trace) در مسیر	۵	۴,۸۲	۴,۸۲	۴,۹۱	۴,۸۹
پایش برخط تغییرات محیطی	۴,۸۲	۴,۷۳	۴,۵۵	۴,۷۳	۴,۷
میانگین‌مولفه مدیریت داده‌ها	**۴,۵۹**	**۴,۳۱**	**۴,۴۳**	**۴,۵۷**	**۴,۴۷**
میانگین سطح تاکتیکی	**۴,۳۷**	**۴,۳۵**	**۴,۴۴**	**۴,۳۶**	**۴,۳۸**
کاهشِ زمانِ اعزامِ قطار باری	۴,۹۱	۴,۳۶	۴,۱۸	۴,۸۱	۴,۵۶
کاهشِ زمانِ سیرِ قطار باری	۴,۹۱	۴,۷۳	۴,۳۶	۵	۴,۷۵
میانگین مولفه صرفه جوئی در زمان	**۴,۹۱**	**۴,۵۵**	**۴,۲۷**	**۴,۹**	**۴,۶۵**
حذف موانع فیزیکی موجود جهت پایش دائمی خطوط، تجهیزات و ناوگان	۴	۳,۶۴	۳,۸۲	۴	۳,۸۶
مخاطراتِ قطع شبکه یِ ارتباطی اشیا با یکدیگر	۴,۴۵	۴,۲۷	۴,۵۵	۴,۷۳	۴,۴۷
ایجاد نیاز به آموزش مشتریان مختلف با انتظارات متنوع	۴,۵۵	۴,۴۵	۴,۶	۴,۶۴	۴,۵۶
میانگین مولفه افزایش دقت	**۴,۳۳**	**۴,۱۲**	**۴,۳۲**	**۴,۴۶**	**۴,۳**
افزایش نگرانی های مرتبط با احتمال انتشار عمومی داده ها	۴,۳۶	۴,۲۷	۴,۱۸	۴,۴۵	۴,۳۲
مخاطرات احتمالی ناشی از کثرت امواج رادیویی بی شمار برای نقاط دسترسی شبکه ها	۴,۱۸	۴,۱۸	۴,۱۸	۴,۱۸	۴,۱۸
تحمیل هزینه حفظ روش های پشتیبان برای خرابی های پیش بینی نشده اشیاء	۳,۰۹	۴,۵۵	۳,۰۹	۳,۲۷	۳,۵
میانگین مولفه مخاطرات فنی	**۳,۸۷**	**۴,۳۳**	**۳,۸۱**	**۳,۹۷**	**۴**
میانگین سطح عملیاتی	**۴,۳۷**	**۴,۳۳**	**۴,۱۳**	**۴,۴۴**	**۴,۳۲**
میانگین کلیه سطوح	**۴,۴۲**	**۳,۹۵**	**۴,۳۱**	**۴,۳۸**	**۴,۲۶**