فصلنامه علمی- پژوهشی اقتصاد و مدیریت شهری
www.Iueam.ir
نمایه در ISC، EconLit، Econbiz، SID، Google Scholar، Noormags، Magiran، Ensani، RICeST، Civilica
شاپا: ۲۳۴۵-۲۸۷۰

بهینه‌سازی مصرف انرژی در حمل‌ونقل ریلی شهری (مطالعه موردی: مترو تهران)

امیرمسعود نیکوکار* کارشناسی‌ارشد مدیریت اجرایی- مدیریت استراتژیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود، ایران
تهمینه ناطق استادیار گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود، ایران
جلیل غریبی دکتری سیاست‌گذاری علم و فناوری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۱

چکیده: ضرورت و اهمیت انرژی در ساختار و ثبات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور و پایان‌پذیری منابع فسیلی، مبنای توجهات خاص و عمده در چند سال گذشته به موضوع انرژی بوده است. راه‌آهن شهری به عنوان یکی از ارکان اصلی اقتصاد شهری، بر پایه حمل‌ونقل انبوه مسافر با مزایایی مانند: صرفه‌جویی‌های اقتصادی در مصرف سوخت، جلوگیری از آلودگی هوا، نزدیک شدن به استانداردهای محیطی، ایجاد فرهنگ و نظم اجتماعی، اهمیت این بخش را افزایش داده و تداوم و توسعه بخش حمل‌ونقل ریلی را در کشور به دنبال داشته است. در این پژوهش، به بررسی بهینه‌سازی مصرف انرژی در حمل‌ونقل ریلی شهری و نیز ارائه راهکار در این زمینه پرداخته شده است. برای این منظور، ۱۶۰ نفر از کارشناسان مترو که با استقرار و اجرایی کردن سیستم مدیریت انرژی در شرکت بهره‌برداری متروی تهران، ارتباط مستقیمی داشتند، جامعه آماری در نظر گرفته شدند که با استفاده از جدول مورگان، ۱۱۳ نفر به عنوان نمونه به روش تصادفی ساده انتخاب شدند. برای گردآوری داده‌ها، از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی، مصاحبه با کارشناسان مرتبط و از پرسشنامه محقق‌ساخته ۲۲ سؤالی استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS و تحلیل‌عاملی اکتشافی و آزمون فریدمن استفاده شده است. به منظور شناسایی وضعیت موجود در زمینه مدیریت انرژی (براساس استاندارد ایزو ۵۰۰۰۱)، اقدامات کلی شرکت بهره‌برداری متروی تهران در شرایط فعلی (از جمله وضعیت دیماندهای قراردادی مصرف برق)، شناسایی گردید. همچنین با استفاده از تحلیل عاملی، ۱۱ عامل در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی، شناسایی و رتبه‌بندی شدند که بیشترین رتبه مربوط به اطلاع‌رسانی مناسب و کمترین رتبه مربوط به تشویق طرح‌های پیشنهادی است.

واژگان کلیدی: بهینه‌سازی، مصرف، انرژی، حمل‌ونقل ریلی، شهر تهران
طبقه‌بندی JEL: E21 ,P36 ,Q43 ,N55

*مسئول مکاتبات: Nikookar.amir @ yahoo.com

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

۱- مقدمه

امروزه انرژی، جایگاه ویژه‌ای را بین کشورهای جهان به خود اختصاص داده است. آگاهی از روند مصرف انرژی برای بسیاری از برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و سیاسی، حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به حساسیت‌های اجتماعی و اقتصادی انرژی و استفاده بی‌رویه از منابع فسیلی، کشورها به دنبال اتخاذ راهکاری به‌منظور کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های تولید و نیز افزایش رفاه عمومی و سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی هستند. حمل‌ونقل ریلی به‌عنوان یکی از بخش‌های مهم سیستم حمل‌ونقل، نقش عمده‌ای در عرصه اقتصادی، صنعتی و اجتماعی کشور و نیز باروری امکانات و استعدادهای بالقوه جوامع دارد؛ زیرا روش‌های جابه‌جایی مسافر و بار، بین عوامل مختلف رشد و توسعه، پیوند برقرار کرده و موجب تقویت بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور می‌شود. برخی از مزایای حمل‌ونقل ریلی نسبت به دیگر انواع حمل‌ونقل عبارتند از: کاهش مصرف انرژی، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، تلطیف محیط‌زیست و ایمنی بالا.

مقایسه ایران با کشورهای دنیا از نظر شاخص‌های کلان انرژی، نشان می‌دهد که در حال حاضر شدت مصرف انرژی در کشور، ۱/۷۶ تن معادل نفت خام به ازای هر هزار دلار تولید ناخالص داخلی است؛ در صورتی‌که متوسط این مقدار در دنیا، ۰/۴۲ و در کشورهای پیشرفته معادل ۰/۱ است. این وضعیت نامناسب در سطوح مصرف نهایی مانند: بخش‌های ساختمان و مسکن، حمل‌ونقل و صنعت نیز مشاهده می‌شود. قیمت پایین حامل‌های انرژی و عدم‌استفاده از تکنولوژی روز در کارخانجات تولیدی، ساختمان‌سازی، کشاورزی و حمل‌ونقل، باعث شده است که مصرف سرانه انرژی نهایی کشور در مقایسه با سایر کشورهای درحال‌توسعه بسیار بالا باشد (مبینی دهکردی و همکاران، ۱۳۸۸).

تاکنون، مطالعات صورت گرفته در حوزه صنعت حمل‌ونقل ریلی به‌عنوان عامل اصلی ارتباط بین عرضه و تقاضای این خدمات یا به بررسی فرایند گسترش روزافزون مصرف انرژی یا به ضرورت کاهش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل پرداخته‌اند؛ از این رو در این تحقیق، به ارائه راهکارهای کاهش مصرف انرژی در صنعت حمل‌ونقل ریلی درون شهری به‌عنوان صنعت مادر ریلی در شهر تهران پرداخته شده است. در ارائه راهکارهای احتمالی نیز به نکات زیر، توجه ویژه‌ای شده است: ۱- کاهش مصرف انرژی همیشه مطلوب نبوده و باید به کیفیت ارائه خدمات مورد نظر توجه کرد. ۲- راهکارهای مطرح شده باید از جنبه اجرایی و عملیاتی آزمون شوند و امکان اجرایی کردن آنها بررسی شوند (بختیاری و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین در این تحقیق علاوه‌بر توجه به موارد بیان شده، از آنجایی که در شرکت بهره‌برداری متروی تهران و حومه، در سطح ولتاژ شبکه فوق توزیع با دیسپاچینگ (اتاق کنترل) برق منطقه‌ای در ارتباط بوده و انرژی الکتریکی مورد نیاز خود را توسط پست‌های فشار قوی (۶۳/۲۰ کیلوولت) تأمین می‌کند و هر یک از این پست‌ها با توجه به بارهای اتصالی و طرح‌های توسعه‌ای، مقدار توان و انرژی الکتریکی خود را با عنوان دیماند قراردادی از شرکت برق منطقه‌ای خریداری می‌کنند و شرکت برق منطقه‌ای نیز برای تأمین برق تمامی مصرف‌کننده‌های خود با توجه به میزان دیماند قراردادی، برنامه‌ریزی و برآورد بار می‌نماید؛ در این راستا، اگر مصرف بیشتر از ۱۰۰ درصد قرارداد باشد، به میزان تجاوز از دیماند قراردادی، هزینه‌ای که به طور معمول چندین برابر نرخ تعرفه قراردادی است را به عنوان جریمه تجاوز از قدرت، لحاظ می‌شود. شرکت بهره‌برداری متروی تهران نیز به دلایل خاصی، برخی از مصرف‌کننده‌ها و ساختار پست‌های فشار متوسط توزیع و تراکنش و نیز بعضی از شرایط غیرنرمال در شبکه بالادستی یا سیستم توزیع داخلی و غیره، هزینه‌هایی را به عنوان جریمه تجاوز از قدرت

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

پرداخت کرده است. از این‌رو، این پژوهش، به ارائه راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت حمل‌ونقل ریلی درون‌شهری و بررسی میزان صرفه‌جویی انرژی و صرفه‌جویی ریالی به خصوص اصلاح دیماندهای قراردادی مصرف برق پرداخته و ضمن سنجش و پایش میزان مصارف پست‌های فشار قوی و توزیع برق، اندازه‌گیری دیماند مصارف و میزان تجاوز آن نیز انجام شده است.

۲- پیشینه تحقیق

بعد از بحران نفتی ۱۹۷۰ میلادی، به بهینه‌سازی مصرف انرژی، مدیریت و نگهداری آن در سطح بین‌المللی، توجه زیادی شد و از آن زمان به بعد، فعالیت‌های تحقیقاتی، بیش‌تر به تشویق کشورها به استفاده بهینه از انرژی معطوف شده است (تخشید و متین، ۱۳۹۰). بسیاری از مطالعاتی که در زمینه انرژی و استفاده بهینه از آن انجام شده، به بررسی شاخص‌های کارایی انرژی، سنجش انرژی و برنامه‌ها و سیاست‌های انرژی پرداخته‌اند که در ادامه، به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

الف) پژوهش‌های خارجی

گنزالز گیل[۱] و همکارانش (۲۰۱۵)، به‌منظور کاهش مصارف انرژی و هزینه‌های عملیاتی در سیستم‌های راه‌آهن شهری، ضمن تجزیه‌وتحلیل چندسطحی از عملکرد انرژی واقعی سیستم به همراه ارزیابی دقیق استراتژی‌های صرفه‌جویی موفق، به طرح رویکردی جامع در مدیریت انرژی سیستم‌ها پرداختند. در این طرح، فهرست کاملی از شاخص‌های عملکرد کلیدی توسط ذی‌نفعان پیشنهاد گردید که از میان ۲۲ شاخص موجود به دو سطح شامل: ۱۰ شاخص کلیدی عملکرد کل سیستم و زیرسیستم‌های موجود و ۱۲ شاخص عملکرد واحدهای زیرسیستم تقسیم شدند. در نهایت، چارچوبی اصولی همراه با یک روش توصیفی به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های راه‌آهن شهری ارائه شد.

ژیا[۲] و همکارانش (۲۰۱۵) در تحقیقی، ضمن بررسی و شبیه‌سازی سیستم منبع تغذیه راه‌آهن شهری، با در نظر گرفتن توابعی همچون: بهره‌وری اقتصادی و جبران افت ولتاژ، به تبیین استراتژی مدیریت انرژی با ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و پلت‌فرم شبیه‌سازی منابع تغذیه سیستم راه‌آهن شهری پرداختند.

ب) پژوهش‌های داخلی

ژاله‌پور و جعفری‌نسب (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان «کاربرد خازن‌های EDLC در ترمزهای دینامیک قطارهای برقی»، بیان داشتند با توجه به گسترش کاربرد ترمز دینامیک در صنعت ریلی، برای استفاده بهینه انرژی و برگرداندن انرژی ترمزی به شبکه تغذیه الکتریکی، لزوم توجه به مقوله سیستم‌های ذخیره‌کننده انرژی در صورت عدم‌امکان جذب انرژی در شبکه تغذیه، حائز اهمیت می‌باشد. همچنین هزینه بالا و نیز پیچیدگی سیستم برگشت انرژی الکتریکی ترمز دینامیک در شبکه DC نسبت به AC، باعث افزایش اهمیت سیستم ذخیره‌کننده انرژی الکتریکی ترمز دینامیک می‌شود.

زینل‌زاده و همکارانش (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان «خازن‌گذاری بهینه در شبکه‌های توزیع آلوده به هارمونیک به وسیله الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی»، نتیجه گرفتند که تلفات در شبکه‌های توزیع، بیشترین سهم تلفات را در یک سیستم قدرت به خود اختصاص می‌دهند. استفاده از بانک‌های خازنی برای جبران توان راکتیو در محل، باعث کاهش تلفات خواهد شد. در این مقاله نیز جایابی و مقداریابی خازن، با استفاده از روش بهینه‌سازی ابتکاری زنبور عسل انجام شده است.

پوش پارس و رضازاده نوچه‌دهی (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان «بهینه‌سازی انرژی بازیابی ترمزی قطار برای کارایی بیشینه در سیستم‌های راه‌آهن سریع‌السیر

۱ González-Gil

۲ Xia

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

برقی»، یک جدول زمانی بهینه‌شده‌ای از حرکت قطارها را پیشنهاد دادند تا انرژی بازیابی ترمزی قطارها را به‌طور کامل مورد استفاده قرار دهد. همچنین یک سیستم متروی ساده، شبیه‌سازی شد و الگوریتم ژنتیک به عنوان روش بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. سرانجام نتایجی از موارد بهینه شده با موارد معمولی مقایسه شدند تا تأثیر روش پیشنهاد شده، نشان داده شود.

علیزاده و همکارانش (۱۳۹۳) نیز در مقاله‌ای بیان کردند که قطارهای برقی، بیشترین مصرف انرژی را در حالت شتاب‌گیری از شبکه دریافت می‌کنند. زمانی که چند قطار هم‌زمان با هم شروع به شتاب گرفتن می‌کنند، توان دریافتی از پست‌ها به حداکثر خود می‌رسد.

جوادی و همکارانش (۱۳۹۳) در مقاله‌ای ضمن بررسی سیستم‌های سنتی مدیریت انرژی شبکه مترو برای استفاده از جریان برق تولیداتی توسط موتور تراکشن، لزوم ارائه مدل نوینی به‌منظور استفاده از انرژی موتور تراکشن‌ها را بررسی کردند.

بناء درخشان و طلوعی اشلقی (۱۳۹۴) در تحقیقی با انجام مدل‌سازی با استفاده از روش‌های نوین داده‌کاوی، عناصر اصلی مؤثر بر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های منطقه ۷ شهرداری تهران را شناسایی کردند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های شهرداری منطقه ۷، به سه دسته راهکارهای کم‌هزینه، هزینه متوسط و پرهزینه، تقسیم شدند.

۳- مبانی نظری

انرژی، زیرمجموعه‌ای از نظام اقتصادی و اجتماعی است که تأثیر عمده‌ای بر فرایند توسعه اقتصادی دارد. اقتصاد انرژی به دلیل ایجاد اشتغال و افزایش درآمدهای ناشی از مبادلات تجاری انرژی، نقش عمده‌ای در بخش‌های تولیدی و خدماتی و ایجاد تعاملات گسترده اقتصادی، سیاسی و ... دارا می‌باشد. در سیستم‌های انرژی، تعاملات میان بخش‌های مختلف در نظر گرفته شده و عوامل مؤثر به‌صورت پارامتریک در آن لحاظ می‌شوند.

گسترش روزافزون جمعیت کلان‌شهرها و موضوعاتی نظیر: ناهنجاری‌های بصری و زیست‌محیطی، ترافیک و آلودگی هوا، باعث شده که مدیریت شهری، راهکارهای کارآمدی مانند توسعه پایدار را برای حل این معضلات اتخاذ کند (کیهانیان و همکاران، ۱۳۹۱).

در کشورهای درحال‌توسعه به دلیل نارسایی و کمبود سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در امور زیربنایی، نیاز به سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل به موازات توسعه اقتصادی، بیشتر احساس می‌شود. با توجه به قانون توسعه حمل‌ونقل عمومی و مدیریت مصرف سوخت که در تاریخ ۸۶/۹/۱۸ توسط مجلس شورای اسلامی تصویب شد باید حمل‌ونقل عمومی‌توسعه یابد، به‌خصوص این‌که ماده یک این قانون، دولت را مکلف کرده است در راستای توسعه حمل‌ونقل درون‌شهری و برون‌شهری با تأکید بر اصلاح و توسعه شبکه ریلی، گام بردارد؛ زیرا صنعت حمل‌ونقل ریلی، بیشترین کارایی را در برابر انرژی مصرفی دارا می‌باشد و کمترین آسیب را به محیط‌زیست وارد می‌کند. به عبارت دیگر صنعت راه‌آهن، سازگارترین روش جابه‌جایی در ارتباط با محیط‌زیست است؛ به‌گونه‌ای که به صنعت جابه‌جایی سبز معروف شده است. راه‌آهن شهری به عنوان یکی از شیوه‌های حمل‌ونقل انبوه مسافر با مزایایی مانند: صرفه‌جویی‌های اقتصادی در مصرف سوخت، جلوگیری از آلودگی هوا، نزدیک شدن به استانداردهای محیطی (با توجه به افزایش قیمت سوخت در آینده و تأکید بر حفظ محیط‌زیست)، امکان انجام سفرهای درون شهری دقیق و ایمن با بالاترین فناوری ممکن و ایجاد فرهنگ و نظم اجتماعی، اهمیت این بخش را افزایش داده (آمارنامه شهر تهران، ۱۳۹۰) و همچنین تداوم و توسعه بخش حمل‌ونقل ریلی را در کشور به دنبال داشته است. حمل‌ونقل انبوه که در شهرهای مختلف با عنوان راه‌آهن

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

زیرزمینی یا مترو شناخته می‌شود، یک سیستم حمل‌ونقل ریلی است که در مسیر انحصاری با استفاده از نیروی برق دریافتی از ریل سوم یا کابل بالاسری و با ایستگاه‌های دارای سکوهای بلند، استفاده می‌شود. قطارهای مترو برخلاف قطارهای معمولی هیچ نوع لوکوموتیو جداگانه‌ای ندارند و قطارها شامل واگن‌های یکسانی هستند که توسط موتور الکتریکی به حرکت در می‌آیند. این سیستم به واسطه ویژگی‌هایی مانند: فاصله نسبتاً بلند میان ایستگاه‌ها، زمان توقف کوتاه و مسیرهایی که سایر اشکال حمل‌ونقل بر آن تأثیر نمی‌گذارد، با حداکثر و میانگین سرعت ۹۰ و ۴۰-۲۷ کیلومتر بر ساعت، امکان جابه‌جایی تا ۸۰۰۰۰ نفر در ساعت در مسیر را دارا می‌باشد. این سیستم، پرهزینه‌ترین روش حمل‌ونقل عمومی است؛ اما دارای حداکثر ظرفیت حمل مسافر می‌باشد.

ممیزی انرژی، مبنای رویکرد مدون به‌منظور تصمیم‌گیری در حوزه مدیریت انرژی است و سعی دارد بین کل انرژی ورودی و مصرف آن، موازنه برقرار سازد و کلیه جریانات انرژی را در امکانات یک مجموعه، شناسایی و مصرف انرژی را طبق توابع گسسته، محاسبه کند. با یک بازرسی بصری، به‌طور گسترده‌ای می‌توان فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی را در بخش‌های مختلفی مشخص کرد و نیازهای لازم برای تحلیلی جزء به جزء و دقیق‌تر را برآورد نمود. ممیزی اولیه انرژی، روشی نسبتاً سریعی برای تعیین مصرف انرژی سازمان، برآورد پتانسیل صرفه‌جویی، شناسایی حوزه‌های راحت‌تر برای صرفه‌جویی انرژی، شناسایی راهکارهای صرفه‌جویی یا بهبود سریع (به ویژه کم یا بدون هزینه) می‌باشد. با توجه به برقی بودن بیشتر تجهیزات موجود در بهره‌برداری از ایستگاه‌ها، خطوط و پایانه‌ها، مدیریت انرژی مصرفی در مترو که دارای حجم بالایی است، از اهمیت فراوانی برخوردار است. در حال حاضر، مترو تهران با حدود ۱۶۲ کیلومتر خط در حال بهره‌برداری، ۱۰۰ ایستگاه فعال، ۹۴ رام قطار در سطح تهران و حومه، ۵ پایانه پارکینگ توقف قطار و بیش از ۴ ساختمان اداری مستقر در نقاط مختلف شهر تهران، به مردم خدمت‌رسانی می‌کند. مترو تهران، از تجهیزات متحرک (قطار) و تجهیزات ثابت شامل: شبکه تغذیه قدرت الکتریکی، شبکه مخابرات و علامت‌دهی، مرکز کنترل و فرمان تعمیرگاه‌ها، تهویه، آسانسور و پله‌برقی، تشکیل شده است. شبکه برق مترو تهران نیز توسط شرکت برق منطقه‌ای با استفاده از خطوط انتقال زمینی یا هوایی از طریق پست‌های فشار قوی ۲۳۰ کیلوولتی، به پست‌های فشار قوی و فوق توزیع مترو در سطوح ولتاژی ۲۳۰ و ۶۳ کیلوولت انتقال داده می‌شود. در این سطوح، ولتاژی از پست‌های فشار قوی و فوق توزیع مترو، خطوط کابلی ۲۰ کیلوولت از سمت خروجی پست‌های تخصصی و بالادستی مترو می‌باشد که تغذیه‌کننده پست‌های تراکشن و توزیع و به منظور تأمین قدرت مورد نیاز قطارها در سطح ولتاژ مورد نظر، پست‌های مربوطه برای تأمین برق مورد نیاز، تأسیسات الکتریکی و مکانیکی ایستگاه‌ها و مسیر خطوط تغذیه قطار برقی شامل: انواع ریل سوم یا شبکه بالاسری تشکیل شده است. در راستای تحقق الزامات بیان شده باید امور انرژی به نحوی کارآمد و با اثربخشی و بازدهی بالا اداره شوند. برنامه‌ریزی، مهم‌ترین عنصر کلیدی در مدیریت انرژی است. برنامه‌ریزی، مرحله‌ای مهم‌تر از تصمیم‌گیری است که ایده و فکر صرفه‌جویی در انرژی را با توجه به محدودیت‌های سازمان، به پروژه‌های اجرایی تبدیل می‌کند و موجب می‌شود تمامی اقدامات مربوط به صرفه‌جویی انرژی با توجه به سایر فعالیت‌های سازمان، به صورت مجموعه‌ای منسجم و مرتبط به‌هم دیده شوند. الزامات اجرایی کردن مدیریت انرژی عبارتند از: قانونی، تکنولوژیکی، زیست‌محیطی و اقتصادی (کیهانیان و همکاران، ۱۳۹۱).

بزرگ‌ترین بخش تلفات انرژی در تراکشن مربوط به ترمز قطار است. همچنین در ایستگاه‌ها، جت‌فن‌های تهویه هوا، پله برقی‌ها، آسانسورها و ...، از مصارف عمده

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

قلمداد می‌شوند. با استناد به قبوض صادره از سوی سازمان برق منطقه استان تهران، شرکت بهره‌برداری مترو در خصوص میزان انرژی کل مصرفی در این حوزه که به تفکیک ماهیانه از تیر ماه ۱۳۹۳ تا تیر ماه ۱۳۹۴ برای یک دوره یک سال نشان می‌دهد که براساس شرایط آب و هوایی فصول مختلف سال، میزان مصرف انرژی متغیر می‌باشد. در تابستان به علت فعال بودن سیستم سرمایشی ایستگاه‌ها، میزان مصرف در مترو به اوج خود می‌رسد؛ اما در فصل پاییز با خنکی هوا، جت‌فن خاموش شده و تقریباً در این ماه، مصرف در پایین‌تر سطح قرار می‌گیرد تا این‌که به تدریج در زمستان به علت استفاده از وسایل گرمایشی، میزان مصرف به مرور افزایش می‌یابد. نکته مهم، کاهش میزان مصرف در فصول گرم سال در مقایسه با سال گذشته می‌باشد که نشان‌دهنده توجه شرکت به بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشد؛ به‌طوری‌که با ادامه سیاست‌های کنونی، میزان مصرف علی‌رغم توسعه خطوط و ایستگاه‌ها، کاهش خواهد یافت. بنابراین با لحاظ کردن تمام جوانب، هرچه میزان مصرف به خط مبنا نزدیکر شود، نتایج آن به‌طور محسوسی در هزینه‌های برق شرکت قابل ملاحظه خواهد بود. با لحاظ کردن مبنای مصرف انرژی، میانگین مصرف ماهانه انرژی، ۳۱۵۴۱۳۸۴ کیلووات ساعت می‌باشد که در صورت بهینه‌سازی مصرف در فصول پرمصرف و نزدیک شدن به خط میانگین می‌تواند منافع اقتصادی زیادی را عاید سازمان کند (گزارش سالانه عملکرد متروی تهران، ۱۳۹۳).

۴- روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش پژوهش، توصیفی- پیمایشی است. پژوهش حاضر با بررسی کلی از وضعیت مدیریت انرژی در مجموعه مترو و مصاحبه با خبرگان این صنعت در خصوص پتانسیل‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین تغییر دیماندهای قراردادی و استقرار سیستم مدیریت انرژی انجام شده است؛ لذا، یک‌سری شاخص‌ها در قالب ایزو ۵۰۰۰۱ و متغیرهای مطرح در ماتریس مدیریت انرژی استخراج گردیدند. در این راستا برای ارائه راهکارهای بهبود وضع موجود براساس استاندارد ایزو ۵۰۰۰۱، از مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی اسناد فنی، گزارشات بخش مدیریت انرژی و مدیریت ایمنی و مهندسی کیفیت، استفاده شده است. سپس با کارشناسان سابقه‌دار این صنعت، مصاحبه انفرادی صورت گرفت و در نهایت، از طریق مصاحبه گروهی با آنها، جمع‌بندی نهایی حاصل از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه انفرادی صورت گرفته که منجر به شناسایی عوامل گردید. حدود ۱۶۰ نفر از کارشناسان مترو که ارتباط مستقیمی با استقرار و اجرایی کردن سیستم مدیریت انرژی در شرکت بهره‌برداری متروی تهران داشتند، به عنوان جامعه آماری در نظر گرفته شدند که طبق جدول مورگان، ۱۱۳ نفر به عنوان نمونه آماری به روش تصادفی ساده، انتخاب شدند. پرسشنامه‌ها، با هدف بررسی وضعیت و شناخت راهکارهای پیاده‌سازی و استقرار سیستم مدیریت انرژی در شرکت بهره‌برداری متروی تهران و حومه، بین آنها توزیع شدند. بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه‌های صورت گرفته، پرسشنامه محقق‌ساخته ۲۲ سؤالی با ۶ بعد سرمایه‌گذاری، بازاریابی، سیستم‌های اطلاعاتی، انگیزه، سازماندهی و سیاست انرژی و ۲۲ شاخص، تدوین شد. در این پژوهش پایایی ابزار اندازه‌گیری، با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ تعیین شده است. پس از تحلیل پایایی داده‌ها، ضریب آلفای کرونباخ برای ۲۲ شاخص شناسایی شده، ۰/۹۱۳ محاسبه شد که از نظر پایایی پرسشنامه، بسیار مناسب می‌باشد.

یکی از راه‌های تعیین وضعیت موجود هر سازمان از نظر انرژی، تعیین جایگاه سازمان در ماتریس مدیریت انرژی است. سطرهای این ماتریس (از سطح ۰ تا ۴)، نشان‌دهنده پیچیدگی و تکامل سازمان در قبال مدیریت

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

مؤثر انرژی و ستون‌های آن، در ارتباط با موضوعات کلیدی مدیریت می‌باشد.

به منظور تعیین عوامل اصلی تأثیرگذار با تحلیل‌عاملی اکتشافی، شاخص‌هایی که دارای بیشترین بار عامل بودند، شناسایی شدند. برای رتبه‌بندی شاخص‌های مرتبط با ابعاد تحقیق، از آزمون فریدمن استفاده شده است که بدین شرح می‌باشد: خروجی SPSS شامل دو جدول می‌باشد؛ در جدول اول، مشخصات آماری و آماره x^2 و در جدول دوم، میانگین رتبه‌های هر متغیر، ارائه گردیده است. هر چقدر میانگین رتبه‌ها بزرگتر باشد، اهمیت آن متغیر بیشتر است. با توجه به خروجی SPSS، مقدار عدد معناداری (sig) از سطح معناداری استاندارد (۵٪ = α) کمتر است. بنابراین می‌توان گفت بین وضعیت موجود ۱۰ شاخص مربوط به مدیریت انرژی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین تحلیل‌های آماری از قبوض برق مصرفی شامل: توان اکتیو و راکتیو، انرژی، دیماند و هزینه‌های برق مصرفی، مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، با تلفیقی از شاخص‌های تعیین شده و تحلیل مصارف انرژی، راهکارهای کاربردی در خصوص مدیریت مصرف منابع انرژی در شرکت بهره‌برداری راه‌آهن شهری تهران و حومه (مترو) تبیین گردید.

۵- یافته‌های تحقیق

شبکه حمل‌ونقل ریلی درون‌شهری (مترو)، از بزرگترین شبکه‌های حمل‌ونقل و مصرف‌کننده انرژی الکتریکی در سطح کلان‌شهر تهران است و مدیریت مصرف انرژی این شبکه عظیم، تأثیر چشم‌گیری بر رشد اقتصاد شهری مبتنی بر اقتصاد مقاومتی دارد. معمولاً شبکه برق قدرت شرکت بهره‌برداری متروی تهران در سطح ولتاژ شبکه فوق توزیع، با دیسپاچینگ (اتاق کنترل) برق منطقه‌ای در ارتباط بوده و انرژی الکتریکی مورد نیاز خود را توسط پست‌های فشار قوی (۶۳/۲۰ کیلوولت) نظیر: امیرکبیر، بنیادرنگ، آزادی، جنوب، قیطریه، عباس‌آباد، قورخانه (امام خمینی) و تهران‌پارس تأمین می‌کند. هریک از این پست‌ها، با توجه به بارهای اتصالی و طرح‌های توسعه‌ای، مقدار توان و انرژی الکتریکی خود را با عنوان دیماند قرارداد (حداکثر مقدار مصرفی انرژی برق که براساس قرارداد باید در هر دوره مصرف کند)، از شرکت برق منطقه‌ای خریداری می‌کنند. از سوی دیگر، شرکت برق منطقه‌ای نیز برای تأمین برق تمامی مصرف‌کننده‌های خود با توجه به میزان دیماند قراردادی، برنامه‌ریزی و برآورد بار می‌کند. شرکت برق، ۹۰ درصد دیماند قراردادی را به‌عنوان خط مبنا در نظر می‌گیرد و میزان محاسبات مصرف هر مصرف‌کننده را به شرح زیر لحاظ می‌کند:

- درصورتی که میزان مصرف کمتر از ۹۰ درصد دیماند قراردادی باشد، این مقدار را به‌عنوان میزان مصرف لحاظ می‌کند.
- در صورتی که میزان مصرف بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد دیماند قراردادی باشد، میزان مصرف واقعی مصرف‌کننده را لحاظ می‌کند.
- در صورتی که میزان مصرف بیشتر از ۱۰۰ درصد باشد، به میزان تجاوز از دیماند قراردادی، هزینه‌ای که به‌طور معمول چندین برابر نرخ تعرفه قراردادی است را به عنوان جریمه تجاوز از قدرت لحاظ می‌کند.

شرکت بهره‌برداری متروی تهران نیز به دلایلی از قبیل این‌که برخی از مصرف‌کننده‌ها و ساختار پست‌های فشار متوسط توزیع و تراکشن، بعضاً با به‌وجود آمدن شرایط غیرنرمال در شبکه بالادستی یا سیستم توزیع داخلی و غیره، هزینه‌هایی را به‌عنوان جریمه تجاوز از قدرت، پرداخت می‌کند؛ لذا در ادامه، به بررسی هزینه‌های پست‌های فشار قوی در بازه زمانی دوره اول تا دوره هفتم (از سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳) به‌عنوان پایلوت پرداخته شده است. در جداول ۱ تا ۴، به تفکیک سال و دوره، میزان دیماند قراردادی، میزان پیک قدرت مصرفی و جریمه تجاوز از دیماند (ریال) و در ستون آخر نیز مجموع جریمه سال، آورده شده است.

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

جدول ۱- هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی سال ۱۳۹۰)

پست فشار قوی	دیماند قراردادی (KW)	میزان پیک قدرت مصرفی سالانه در یک دوره (KW)	هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی)											
			دوره											مجموع جریمه سالانه (ریال)
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	
امیرکبیر	۴۰۰۰	۳۶۰۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بنیادرنگ	۱۴۰۰۰	۱۶۱۹۳	۰	۷۶۶۸۹۰۸	۴۷۰۴۸۸۶۷	۱۲۱۱۵۵۵۶۲	۱۰۸۱۰۰۴۵۶	۳۰۳۹۶۷۰۵	۵۸۰۶۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۳۱۴۹۵۱۱۲۲
آزادی	۹۰۰۰	۱۲۳۴۲	۵۷۰۵۷۳۵۲	۷۳۲۹۵۶۵۴	۱۹۶۰۱۱۰۰۹	۱۸۸۲۳۶۱۷۷	۲۲۸۰۳۱۱۳۰	۱۹۴۶۵۲۷۱۱	۲۳۵۴۶۷۴۲۷	۱۳۷۴۴۲۸۰۴	۷۱۰۲۷۸۵۲	۵۹۵۷۶۱۵۸	۵۸۵۸۵۵۰۱	۶۴۳۵۰۳۸۶	۱۵۶۳۷۳۴۱۶۱
عباس‌آباد	۹۰۰۰	۱۸۰۸۹	۹۶۰۴۰۱۶۹	۵۲۶۱۰۱۳۰۹	۶۰۹۰۸۲۲۲۹	۲۸۰۱۷۴۳۹۵	۴۳۹۵۰۱۲۷۲	۳۷۷۹۲۷۳۸۱	۴۱۷۰۹۲۲۷۸	۲۹۵۱۱۴۰۷۴	۲۳۳۹۰۴۸۱۲	۱۷۶۸۷۳۵۳۱	۲۲۹۶۸۲۷۷۶	۲۰۸۸۴۱۹۱۱	۳۸۹۰۳۳۶۱۳۷
جنوب	۵۰۰۰	۵۱۶۴	۰	۰	۷۵۶۳۴۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۵۶۳۴۰۵
قیطریه	۴۰۰۰	۳۳۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
قورخانه (امام خمینی)	۱۴۰۰۰	۲۲۲۳۵	۰	۳۶۳۶۵۱۰۷۷	۵۹۴۹۱۶۵۶۷	۲۳۹۳۳۴۷۸۷	۸۸۰۰۳۰۹۹	۴۵۳۷۹۳۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۳۱۲۸۴۸۵۱
تهران‌پارس	۶۹۰۰	۱۰۳۷۵	۱۳۲۳۵۰۸۹۷	۱۳۷۶۴۹۸۶۴	۲۴۶۳۹۰۹۹۷	۱۸۸۸۲۲۸۱۰	۲۶۶۰۲۸۷۳۴	۲۴۷۴۴۲۴۲۴	۱۷۲۵۷۶۱۰۱	۱۳۶۸۳۷۴۳۳	۱۴۹۵۳۴۹۶۴	۱۱۳۳۴۴۰۱۸	۱۱۶۳۰۵۹۹۷	۹۱۲۵۵۲۲۳	۱۹۹۸۵۳۹۴۶۲

منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۲- هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی سال ۱۳۹۱)

پست فشار قوی	دیماند قراردادی (KW)	میزان پیک قدرت مصرفی سالانه در یک دوره (KW)	هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی)											
			دوره											مجموع جریمه سالانه (ریال)
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	
امیرکبیر	۴۰۰۰	۹۷۸۰	۰	۲۵۳۲۳۳۷۸۷	۰	۰	۱۴۸۵۲۶۱۱	۱۰۸۵۹۸۰۱	۹۹۲۰۲۲۳	۱۶۸۲۵۹	۰	۰	۰	۰	۲۸۹۰۳۴۶۸۱
بنیادرنگ	۱۴۰۰۰	۱۴۶۲۰	۰	۰	۰	۱۳۰۸۳۳۵۷	۱۴۷۶۷۰۰۸	۳۰۱۲۸۷۸۷	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵۹۵۴۶۳۴	۸۳۹۳۳۷۸۶
آزادی	۹۰۰۰	۱۱۹۷۸	۱۱۹۹۲۷۱۹۹	۴۷۰۷۴۰۶۹	۱۳۲۸۹۸۱۱۸	۲۰۷۸۶۲۳۹۳	۱۴۷۴۰۵۶۶۳	۸۳۸۸۶۰۶۱	۱۸۰۳۵۰۵۷۰	۱۳۹۷۹۱۶۰۱	۱۶۷۵۶۷۳۰۰	۱۰۴۸۶۸۵۶۰	۲۱۷۱۸۰۷۶۲	۲۴۱۳۱۵۰۹	۱۵۷۲۹۴۳۸۰۵
عباس‌آباد	۹۰۰۰	۱۹۵۹۷	۲۰۳۳۰۹۰۹۳	۳۷۹۳۳۵۷۰۷	۳۵۲۲۲۷۷۶۸	۸۱۶۰۹۰۰۱۵	۲۵۲۳۱۱۷۹۲	۴۷۱۶۹۸۵۷۹	۴۱۸۷۳۷۰۱۴	۶۳۲۲۳۲۰۲۳	۳۳۷۱۰۹۰۷۲	۶۴۱۷۰۴۵۳۹	۶۳۸۹۳۷۲۶۱	۵۰۰۰۳۸۶۱۰	۵۶۴۳۷۳۱۴۷۳
جنوب	۶۰۰۰	۵۲۳۶	۰	۰	۱۰۱۳۳۳۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۱۳۳۳۵۶
قیطریه	۴۰۰۰	۴۴۲۱	۰	۰	۰	۸۴۵۷۳۱۵	۱۸۴۶۷۴۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۶۹۲۴۷۲۳
قورخانه (امام خمینی)	۱۴۰۰۰	۲۱۲۲۱	۰	۰	۵۱۳۰۷۱۶۲۶	۴۷۴۲۶۸۴۱۰	۵۷۵۵۹۴۰۳۸	۵۸۳۹۷۶۸۶۶	۳۲۷۰۲۱۱۸۶	۲۷۳۲۰۲۰۵۳	۰	۰	۰	۰	۲۷۴۷۱۳۴۱۷۹
تهران‌پارس	۶۹۰۰	۱۰۱۶۱	۱۲۷۱۱۶۷۳۵	۱۸۱۰۹۹۹۸۸	۱۹۲۵۵۱۹۲۵	۲۴۰۸۲۳۷۹۴	۳۰۳۶۹۲۰۶۲	۲۲۵۲۶۱۹۰۳	۱۷۶۷۹۸۱۹۰	۱۱۹۰۸۰۴۵۰	۹۱۴۶۷۷۵۳	۵۶۵۶۷۵۸۴	۱۰۳۵۷۵۷۱	۶۵۹۶۹۸۳۲۳	۲۳۸۴۵۱۶۲۷۸

منبع: (یافته‌های تحقیق)

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

جدول ۳- هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی سال ۱۳۹۲)

پست فشار قوی	دیماند قراردادی(KW)	میزان پیک قدرت مصرفی سالانه در یک دوره (KW)	هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی)												مجموع جریمه سالانه (ریال)
			دوره												
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	
امیرکبیر	۵۰۰۰	۵۱۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۳۱۳۲۲۱	۹۳۱۳۲۲۱
بنیاد رنگ	۱۴۰۰۰	۱۵۴۵۰	۰	۲۷۸۵۵۶۲۰	۲۹۵۱۲۱۲۳	۶۰۴۳۷۲۵۱	۷۴۷۷۴۰۱۵	۱۷۸۵۳۰۶۶	۶۱۸۶۱۵۷۴	۵۰۵۳۳۰۱۴	۵۸۸۱۲۵۶۶	۵۲۲۲۰۵۲۴	۶۹۵۱۰۱۷۴	۲۶۱۶۰۸۱۳	۵۲۹۵۳۰۷۴۰
آزادی	۱۱۰۰۰	۱۱۵۲۰	۵۷۲۸۷۲۲	۰	۱۱۰۲۱۱۷۰	۱۰۱۸۵۲۸۲	۱۰۱۵۰۸۴۷	۶۲۳۵۲۹۸	۶۷۸۶۲۳۲	۲۲۵۹۷۲۳۲	۱۸۶۱۸۱۹۸	۲۳۱۱۴۶۶۰۳	۲۳۳۲۲۶۱۷	۲۲۹۹۸۰۹۱	۳۶۸۷۹۰۲۹۲
عباس‌آباد	۱۱۰۰۰	۱۸۶۲۰	۴۶۲۸۱۱۶۳۸	۳۲۷۷۱۸۲۲۴	۵۶۰۶۱۱۷۳۷	۴۹۱۲۳۰۰۲۹	۴۴۹۶۰۹۳۲۲	۲۱۵۸۲۳۷۳۱	۳۵۰۰۱۹۶۲۸	۲۳۲۳۱۶۳۱۱	۶۳۹۷۳۱۲۰۶	۵۴۰۱۱۹۳۵۲	۲۳۹۷۲۵۰۲۱	۵۱۳۷۲۴۷۱۷	۵۰۲۳۴۴۰۹۱۶
جنوب	۶۰۰۰	۴۸۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
قیطریه	۴۰۰۰	۵۳۰۶	۰	۰	۰	۶۵۹۶۸۶۹۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۵۹۶۸۶۹۷
قورخانه (امام خمینی)	۱۴۰۰۰	۲۲۴۶۰	۰	۰	۳۶۱۱۳۰۰۷۵	۷۱۸۴۷۲۲	۳۹۱۶۹۱۱۸۰	۵۳۰۸۹۰۶۷۷	۵۶۲۵۷۸۳۰۵	۲۶۵۱۷۳۳۲۲	۰	۰	۰	۰	۲۱۱۸۶۴۸۲۸۱
تهران‌پارس	۸۰۰۰	۸۹۰۰	۱۶۶۶۶۹۵۳	۱۷۰۷۹۱۷۰	۲۶۵۲۲۵۶	۰	۰	۴۴۵۹۲۳۹	۰	۰	۰	۰	۲۹۲۹۱۳۰۷	۳۵۹۸۵۷۳۴	۱۰۶۱۳۴۶۵۹

منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۴- هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی سال ۱۳۹۳)

پست فشار قوی	دیماند قراردادی(KW)	میزان پیک قدرت مصرفی سالانه در یک دوره (KW)	هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی)												مجموع جریمه سالانه (ریال)
			دوره												
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	
امیرکبیر	۶۰۰۰	۶۵۶۰	۴۷۸۸۴۷۸۳	۰	۹۷۱۰۹۰۱۱	۱۸۰۷۸۸۸۵	۴۱۶۲۶۵۷۸	۳۲۱۲۶۵۷۸	۵۱۶۱۰۸۳۶						۲۸۸۴۳۶۶۷۱
بنیادرنگ	۱۴۰۰۰	۱۷۰۷۰	۷۱۴۳۳۵۱۳	۶۳۰۷۲۱۶۸	۲۳۳۱۷۷۱۳	۲۸۳۲۷۲۹۷۵	۲۶۷۳۶۸۱۰	۲۶۷۳۶۸۱۰	۰						۴۹۴۵۶۹۹۸۹
آزادی	۱۱۰۰۰	۱۱۱۱۰	۰	۰	۶۴۹۵۶۱۴	۵۴۹۹۷۸۴	۰	۰	۰						۱۱۹۹۵۳۹۸
عباس‌آباد	۱۱۰۰۰	۱۵۸۰۰	۲۶۲۴۱۳۵۹۹	۲۶۸۲۹۷۸۵۳	۶۲۶۲۴۴۳۸۳	۵۸۷۹۴۱۸۱۱	۵۷۹۹۹۶۴۹۱	۲۵۲۷۹۶۲۵۶	۴۰۳۸۱۰۵۴۹						۲۹۸۱۵۰۰۹۴۲
جنوب	۶۰۰۰	۴۶۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰						۰
قیطریه	۴۰۰۰	۳۶۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰						۰
قورخانه (امام خمینی)	۱۴۰۰۰	۲۲۶۲۰	۲۳۰۹۱۳۷۱۷	۱۸۴۰۱۵۲۱۵	۴۱۱۱۹۷۷۶۱	۴۶۶۹۲۵۲۰۴	۱۱۰۱۳۴۱۴۴	۷۳۲۲۱۷۸۸۳	۹۲۳۳۱۵۶۹						۲۲۲۷۷۳۵۴۹۳
تهران‌پارس	۸۰۰۰	۷۸۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰						۰

منبع: (یافته‌های تحقیق)

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

در جدول ۵، مجموع جریمه‌های ریالی سال‌ها و در ستون آخر، جمع جریمه ریالی تجاوز از قدرت به تفکیک پست‌های فشار قوی از دوره اول تا دوره هفتم (سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳) به صورت خلاصه، نمایش داده شده است.

جدول ۵- مجموع جریمه تجاوز از قدرت دوره اول تا دوره هفتم (سال ۱۳۹۳-۱۳۹۰)

پست فشار قوی	هزینه تجاوز از دیماند قراردادی (جریمه ریالی)				
	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	مجموع جریمه تجاوز از قدرت
امیرکبیر	۰	۲۸۹۱۰۰۶۸۱	۹۳۱۳۲۲۱	۲۹۰۴۵۸۶۴۰	۵۸۸۸۷۲۵۲۴
بنیادرنگ	۳۱۴۹۵۱۱۲۲	۸۳۹۲۴۷۸۶	۵۵۱۷۵۱۷۴۰	۴۶۸۰۲۲۱۷۹	۱۴۱۸۶۷۹۸۲۷
آزادی	۱۵۶۳۷۲۴۱۶۱	۱۵۹۲۹۴۵۹۰۶	۱۶۰۹۹۰۳۰۹	۱۱۹۹۵۳۹۸	۳۳۲۹۶۶۵۷۷۴
عباس‌آباد	۲۸۹۰۳۳۶۱۲۷	۵۶۴۸۱۴۱۴۹۶	۵۴۴۳۶۴۱۲۱۶	۳۲۵۴۵۰۰۹۴۳	۱۷۲۳۶۶۱۹۷۸۲
جنوب	۷۵۶۳۴۰۵	۱۰۱۳۳۳۵۶	۰	۰	۱۷۶۹۶۷۶۱
قیطریه	۰	۲۶۹۲۴۷۲۲	۶۵۹۶۸۶۹۷	۰	۹۲۸۹۳۴۱۹
قورخانه (امام خمینی)	۱۳۳۱۲۸۴۸۵۱	۲۷۴۷۳۳۴۱۷۹	۲۳۸۴۶۴۸۳۰۱	۲۲۲۹۷۳۵۴۹۳	۸۶۹۳۰۰۲۸۲۴
تهران‌پارس	۱۹۹۸۵۲۹۴۶۲	۲۳۷۵۶۱۶۲۹۷	۱۰۶۱۳۴۸۵۹	۰	۴۴۸۰۲۸۰۶۱۸

منبع: (یافته‌های تحقیق)

همان‌طور که مشاهده می‌شود پست عباس‌آباد، بیشترین جریمه پولی ناشی از تجاوز از قدرت در بازه زمانی مورد نظر را به میزان ۱،۷۲۳،۶۶۱،۹۷۹ تومان داشته است. همچنین پست‌های برق قورخانه، تهران‌پارس، آزادی و بنیادرنگ نیز دارای جریمه ریالی قابل توجه‌ای بوده‌اند. پست امیرکبیر نیز با توجه به روند افزایش دیماند قراردادی از ۴۰۰۰ به ۶۰۰۰ کیلووات در سال‌های ۹۱ تا ۹۳، تقریباً دارای شرایط نرمال‌تری نسبت به پنج پست پرجریمه مذکور می‌باشد. همچنین پست‌های قیطریه و جنوب تقریباً در شرایط نرمالی از مصرف (با توجه به دیماند قراردادی و نوع پخش بار) قرار دارند. در جدول ۶، میزان دیماند قرارداد داخلی و پیشنهادی برحسب کیلووات برای پست‌های آزادی، قورخانه، عباس‌آباد، تهران‌پارس و بنیادرنگ، آورده شده است.

جدول ۶- دیماند قرارداد پیشنهادی

پست فشار قوی	دیماند قراردادی فعلی (KW)	دیماند قراردادی پیشنهادی (KW)
آزادی	۱۱۰۰۰	۱۳۰۰۰
قورخانه (امام خمینی)	۱۴۰۰۰	۲۰۰۰۰
عباس‌آباد	۱۱۰۰۰	۱۷۰۰۰
تهران‌پارس	۸۰۰۰	۹۰۰۰
بنیادرنگ	۱۴۰۰۰	۱۷۰۰۰

منبع: (یافته‌های تحقیق)

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

نحوه محاسبه بهای ریالی میزان افزایش دیماند قراردادی بدین‌گونه است که شرکت برق منطقه‌ای طی بازه زمانی، از دو روش متفاوت برای محاسبه بهای ریالی میزان افزایش دیماند قراردادی استفاده کرده است. به بیان دیگر، از سال ۱۳۸۳ تا مهر ماه ۱۳۹۲ با یک فرمول و از آن تاریخ تاکنون (یعنی تا بهار ۱۳۹۳) با افزایش ضرایب فرمول قبل، میزان بهای ریالی افزایش دیماند قراردادی را به صورت دیگری محاسبه کرده است؛ لذا در این مطالعه، محاسبات در دو بازه زمانی سال ۱۳۸۳ تا مهر ماه ۱۳۹۲ و مهر ماه ۱۳۹۲ تا بهار ۱۳۹۳، بررسی شده است.

در ادامه، دیماند قراردادی پیشنهادی در این دو بازه زمانی بررسی شده است؛ برای مثال، بهار ۱۳۹۲ از بازه اول و بهار ۱۳۹۳ از بازه دوم به‌عنوان زمان نمونه به‌منظور انجام محاسبات در نظر گرفته شده است که نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷- بهای افزایش میزان دیماند قراردادی پست‌های فشار قوی (ریال)

پست فشار قوی	دیماند قراردادی فعلی (kw)	دیماند قراردادی پیشنهادی (kw)	بهای ریالی افزایش میزان دیماند قراردادی مطابق با نحوه محاسبه سابق (بهار ۱۳۹۲)	بهای ریالی افزایش میزان دیماند قراردادی مطابق با نحوه محاسبه کنونی (جدید) (بهار ۱۳۹۳)
آزادی	۱۱۰۰۰	۱۳۰۰۰	۲۵۹۶۶۰۰۰۰	۴۰۴۷۴۵۶۰۰۰
قورخانه (امام‌خمینی)	۱۴۰۰۰	۲۰۰۰۰	۹۶۵۲۹۸۰۰۰۰	۱۵۴۴۴۷۶۸۰۰۰
عباس‌آباد	۱۱۰۰۰	۱۷۰۰۰	۸۴۱۴۵۸۰۰۰۰	۱۳۴۶۳۳۲۸۰۰۰
تهران‌پارس	۸۰۰۰	۹۰۰۰	۱۰۲۴۰۳۰۰۰	۱۶۳۸۴۴۸۰۰۰
بنیادرنگ	۱۴۰۰۰	۱۷۰۰۰	۴۵۱۶۸۹۰۰۰۰	۷۲۲۷۰۲۴۰۰۰

منبع: (یافته‌های تحقیق)

بهای ریالی افزایش دیماند قراردادی برای پنج پست فشار قوی که دارای جریمه تجاوز از قدرت قابل توجه‌ای بوده‌اند، نشان داده شده است. با مقایسه ستون ۴ و ۵ جدول ۷ می‌توان میزان تفاوت ریالی بهای افزایش دیماند قراردادی را در دو نحوه محاسبه تا ۱۳۹۲/۷/۱۵ (نحوه محاسبه سابق) و محاسبه از ۱۳۹۲/۷/۱۵ تاکنون (نحوه محاسبه جدید) مشاهده کرد. برای مثال با توجه به روند متوالی جریمه ریالی تجاوز از قدرت پست عباس‌آباد در سال‌های متوالی، اگر در بهار ۱۳۹۲، دیماند قراردادی این پست را از ۱۱۰۰۰ به ۱۷۰۰۰ کیلووات افزایش می‌دادیم، به میزان پانصد و چهار میلیون و هشتصد و هفتاد و چهار هزار و هشتصد تومان در بهای ریالی افزایش دیماند، صرفه‌جویی صورت می‌گرفت. به منظور صرفه‌جویی و عدم‌تجاوز از دیماند قراردادی، راهکارهایی نظیر: استقرار فناوری‌های نوین کاهنده مصرف انرژی، اصلاح یا بازنگری در طرحی و مهندسی مسیر حرکت قطارها و استفاده بهینه از شیب مسیر، استفاده از شیوه‌های بازگشت انرژی مازاد به داخل شبکه و همچنین استفاده از تجهیزات با سطح مصرف انرژی پایین در توسعه خطوط آتی توصیه می‌شود. در جدول ۸، مقادیر مربوط به قبوض برق مصرفی پست بنیادرنگ که انرژی الکتریکی موردنیاز مصارف تراکشن خط ۵ متروی تهران را تأمین می‌کند، آورده شده است. همچنین در این جدول، میزان توان اکتیو و راکتیو مصرفی، آورده شده است.

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

جدول ۸- نمایش میزان مصرف پست بنیادرنگ در دوره ۹ ماهه اول سال ۹۴

مصارف پست بنیادرنگ در دوره ۸ ماهه سال ۹۴			
دوره	میزان مصرف توان اکتیو (GWH)	میزان مصرف توان راکتیو (GVARH)	ولت آمپر ساعت (GVAH)
۱	۴/۵۱۹	۳/۹۲۱	۵/۹۸۲۹۴۲۵۸۷
۲	۴/۷۲۸	۳/۹۳۸	۶/۱۵۳۱۹۶۵۶۸
۳	۴/۷۹۵	۳/۵۹	۵/۹۹۰۰۰۳۰۸۷
۴	۵/۰۹۷۹	۳/۶۶۴	۶/۲۷۸۰۱۵۶۴۴
۵	۵/۳۶۴	۳/۹۲۷	۶/۶۴۷۸۴۳۶۳۵
۶	۴/۷۵۹	۳/۸۰۳	۶/۰۹۱۸۷۰۸۱۳
۷	۴/۴۵۶	۳/۷۶۵	۵/۸۳۳۶۲۳۱۷
۸	۴/۲۳	۳/۵۴۷	۵/۵۲۰۳۳۵۳۵
۹	۴/۵۵۳	۳/۵۳۴	۵/۷۶۳۵۸۹۵۹۳
SUM	۴/۵۰۱۹	۳۳/۶۸۹	۵۴/۲۳۴۳۰۸۵۶

منبع: (یافته‌های تحقیق)

براساس داده‌های جدول ۸، حدود ۳۷ درصد میزان مصرف انرژی در خط ۵ متروی تهران، از نوع توان راکتیو بوده که به‌صورت حرارتی یا شار نشتی در راکتانس القایی شبکه بالاسری و بار تراکشن، ذخیره و مصرف می‌گردد. با توجه به این‌که وجود توان راکتیو در شبکه برای راه‌اندازی اولیه بار و نیز حسب ماهیت بار الکتریکی تراکشن لازم و ضروری است؛ ولی میزان مصرف زیاد آن غیرقابل چشم‌پوشی بوده و بخش قابل‌توجهی از ظرفیت سیستم‌های برق‌رسانی را اشغال می‌کند که ممکن است در درازمدت طول عمر تجهیزات را کاهش داده و هزینه استهلاک و فعالیت‌های تعمیر و نگهداری از تجهیزات را زیاد نماید. لازم به ذکر است که عرضه توان راکتیو بالا از طریق سیستم بالاسری، باعث افزایش جریان در شبکه و افت دامنه ولتاژ می‌گردد که این امر نیز موجبات افزایش تلفات در سیستم‌های تراکشن را فراهم می‌کند. از طرفی، بهینه‌سازی اتوماسیون سیستم‌های توزیع انرژی خط ۵ (اسکادا) در راستای کنترل از راه دور، میزان بار مصرفی، قرائت میزان مصرف، مدیریت میزان دیماند شبکه و امکان بهینه‌سازی فرایندهای کلیدزنی در شبکه تغذیه بالاسری را فراهم می‌کند. حصول اطمینان از عملیات انجام شده در سیستم‌های توزیع انرژی خط ۵، متکی بر سیستم‌های تبادل اطلاعاتی کانال‌های مخابراتی و دیتا است که باید فرایند عملکرد سیستم‌های مخابراتی در این بخش ارتقا یافته و عملیات اتوماسیون کنترل انرژی بهبود یابد. روش‌های متعددی برای بهبود راندمان شبکه و کاهش تلفات ناشی در سیستم‌های توزیع انرژی الکتریکی وجود دارد. علاوه‌بر اقدامات اصلاحی ساختار شبکه، اقدامات متعددی نظیر: به‌کارگیری سیستم‌های جبران‌ساز توان راکتیو می‌تواند کیفیت توان را در سیستم‌های بالاسری بهبود بخشد و بهینه‌سازی ولتاژ سیستم با بالانس کردن جریان‌های هر فاز ایجاد شود. همچنین مصرف بیش از حد توان راکتیو، موجب افت ولتاژ و نوسانات ولتاژ در شبکه بالاسری می‌گردد و از آنجایی که افت زیاد ولتاژ بالاسری، باعث تریپ مدارات تراکشن قطارها می‌گردد؛ بنابراین انجام هرگونه اقدام جبران‌سازی، نقش ویژه‌ای را در جلوگیری از فروپاشی ولتاژ بالاسری و اختلال در عملکرد سیستم‌های تراکشن‌گیری قطارها ایفا می‌کند. برای بهبود پایداری استاتیکی در راستای حفظ تعادل شبکه در شرایط بهره‌برداری عادی سیستم یا در مواقع بروز اغتشاشات ناشی از تغییرات سیگنال کوچک، موارد زیر می‌تواند مفید باشند: افزایش سطح ولتاژ شبکه بالاسری در مقدار نامی با استفاده از امکانات متعدد کلیدزنی یا ترانس تپ‌چنجردار، اضافه کردن خطوط جدید به سیستم

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

انتقال ۲۳۰ کیلوولت یا افزودن پست فوق توزیع جدید در بخش‌های توسعه انتهای خط، کاهش راکتانس سری خط با باندل نمودن خطوط و اصلاح کتنری سیستم و توزیع فیدرهای ۲۵+ و ۲۵- کیلوولت و استفاده از سیستم‌های جبران‌ساز.

با توجه به مطالب بیان شده، در این تحقیق در مجموع ۶ شاخص اصلی و ۲۲ زیرشاخص با نظر خبرگان صنعت انتخاب شد (جدول ۹). با استناد به خروجی نرم‌افزار، بیشترین فراوانی پاسخ‌دهندگان از نظر سنی در رده ۲۶ تا ۳۵ سال با فراوانی ۸۰، سابقه کاری زیر پنج سال با فراوانی ۶۵، سطح سازمانی، رده کارمند با فراوانی ۶۹ و سطح تحصیلات، رده لیسانس با فراوانی ۵۵ را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱۰). برای شناسایی مؤلفه‌های اصلی تأثیرگذار بر هر یک از متغیرها، از روش تحلیل‌عاملی استفاده شده است. گام اول تحلیل‌عاملی؛ شامل ارزیابی تناسب داده‌ها برای تحلیل عامل، گام دوم، استخراج عامل و گام سوم، آیتم‌های تأثیرگذار بر مؤلفه‌ها می‌باشد. دو مسأله اصلی در تحلیل‌عاملی داده‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. مسأله اول، نمونه آماری است که هرچه اندازه نمونه بیشتر باشد، نتایج به‌دست آمده قابلیت تعمیم بیشتری خواهد داشت. مسأله دوم، به نیرومندی همبستگی‌های متقابل بین شاخص‌ها بستگی دارد. برای کمک به ارزیابی عامل‌پذیری داده‌ها، از آزمون بارتلت و شاخص نمونه‌گیری بارز کایزر- میر- اولکین (KMO) استفاده شده است (جدول ۱۲).

جدول ۹- عوامل (ماتریس) مدیریت انرژی

مدیریت انرژی					
ابعاد		شاخص	تعداد	میانگین	انحراف معیار
سرمایه‌گذاری	Q1	سرمایه‌گذاری مدیریت کلان	۱۱۲	۲/۵	۰/۸۹
	Q2	سرمایه‌گذاری صرفه‌جویی‌های اقتصادی	۱۱۲	۲/۷	۱/۰۲
	Q3	استاندارد بودن محیط کار	۱۱۲	۲/۳۸	۰/۹۲
	Q4	سرمایه‌گذاری برای آموزش کارکنان	۱۱۲	۲/۲۳	۰/۷۲
آگاه‌سازی	Q5	فرهنگ‌سازی مناسب	۱۱۲	۲/۶۳	۰/۷۳
	Q6	اطلاع‌رسانی مناسب	۱۱۲	۲/۸	۰/۸۳
	Q7	آگاه‌سازی مناسب	۱۱۲	۲/۶	۰/۷۷
	Q8	تبادل اطلاعات با قطار شهری‌های دیگر	۱۱۲	۲/۳	۰/۷۷
سیستم‌های اطلاعاتی	Q9	حفظ و نگهداری اسناد تولیدی	۱۱۲	۳	۰/۹۸
	Q10	وجود بانک اطلاعات آمار و گزارش‌ها	۱۱۲	۲/۷۸	۰/۹۵
	Q11	گزارش‌های فنی و اندازه‌گیری‌های مصرف	۱۱۲	۲/۸۳	۰/۸۹
	Q12	در دسترس بودن اطلاعات	۱۱۲	۲/۷۵	۰/۹۸
انگیزش	Q13	اعتماد کارکنان	۱۱۲	۲/۶	۰/۹
	Q14	تعهد مدیران ارشد	۱۱۲	۲/۷	۰/۹۸
	Q15	تشویق پیشنهادها	۱۱۲	۲/۲	۰/۹۲
	Q16	دسترسی به اطلاعات شغلی	۱۱۲	۲/۶	۰/۱
ساماندهی	Q17	مشخص بودن متولیان برنامه‌ریزی	۱۱۲	۳	۱
	Q18	شرح خدمات مشخص متولیان	۱۱۲	۳	۰/۹۵
	Q19	خرید تجهیزات با سطح مصرف انرژی پایین	۱۱۲	۲/۵	۰/۸۳
سیاست‌گذاری انرژی	Q20	استراتژی مشخص	۱۱۲	۲/۵	۰/۸۷
	Q21	اطلاع‌رسانی خط‌مشی به کارکنان	۱۱۲	۲/۶	۰/۹۳
	Q22	مشارکت مدیریت‌ارشد در سیاست‌گذاری	۱۱۲	۲/۶	۰/۹۹

منبع: (یافته‌های تحقیق)

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

جدول ۱۰- وضعیت جمعیت‌شناختی پاسخگویان

ردیف	گزینه	دامنه اعتبار	فراوانی	درصد فراوانی	ردیف	گزینه	دامنه اعتبار	فراوانی	درصد فراوانی
۱	سن	<۲۵	۹	۸	۳	سطح سازمان	کارمند	۶۹	۶۱/۱
		۲۶-۳۵	۸۰	۷۱/۳			کارشناس	۳۶	۳۳/۱
		۳۵-۴۵	۳۳	۱۹/۶			سطوح مدیریتی	۷	۶/۳
۲	سابقه کار	۵>	۶۵	۵۹	۴	سطح تحصیلات	زیر لیسانس	۸	۷/۱
		۵-۱۰	۱۹	۱۷			لیسانس	۵۵	۲۹/۱
		۱۰-۱۵	۱۷	۱۵/۲			فوق‌لیسانس	۳۸	۳۳/۹
		۱۵-۲۰	۱۱	۹/۸			دکتری	۱	۰/۹

منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۱۱- میانگین اثر شاخص‌ها بر بهبود عملکرد

متغیر	سرمایه‌گذاری	بازاریابی	سیستم‌های اطلاعاتی	انگیزش	ساماندهی	سیاست‌گذاری انرژی
تعداد شاخص	۴	۴	۴	۴	۳	۳
میانگین	۲/۵	۲/۶	۳	۲/۶	۲/۸۳	۲/۵۶

منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۱۲- آزمون KMO و بارتلت

شاخص نمونه‌گیری KMO	۰/۸۰۰
آزمون بارتلت	۴۶۶/۱۰۴
درجه آزادی	۵۵
معناداری	۰/۰۰۰

منبع: (یافته‌های تحقیق)

در این پژوهش براساس خروجی نرم‌افزار تحلیل عامل آزمون معنادار بارتلت، Sig=0.00 و ضریب KMO=0.8 که برای تحلیل‌عاملی مناسب است، برمبنای خروجی ماتریس همبستگی بین شاخص‌ها محاسبه گردید (جدول۱۳).

جدول ۱۳- ماتریس همبستگی

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22
Q1	1.000																					
Q2	0.756	1.000																				
Q3	0.434	0.370	1.000																			
Q4	0.454	0.470	0.540	1.000																		
Q5	0.433	0.333	0.488	0.575	1.000																	
Q6	.373	0.336	0.404	0.500	0.703	1.000																
Q7	0.389	0.439		0.480	0.390	0.498	1.000															
Q8		0.300						1.000														
Q9	0.331			0.319	0.437	0.362			1.000													
Q10	0.366			0.400	0.491	0.427			0.792	1.000												
Q11									.56287	0.588	1.000											
Q12						0.332			0.410	0.366	0.482	1.000										
Q13							0.417						1.000									
Q14	0.401	0.525		0.399		0.324	0.619						0.654	1.000								
Q15		0.507					0.344						0.512	0.560	1.000							
Q16		0.360		0.362						0.259		0.395		0.320	0.379	1.000						
Q17	0.304	0.341		0.355		0.355	.549		0.417	0.414	0.313		0.339	0.494	0.367	0.343	1.000					
Q18	.0.311	0.423		0.377	0.418	0.417	0.377		0.426	0.483	0.454	0.361		0.432	0.469	0.445	0.686	1.000				
Q19		0.374							0.368	0.414	0.351	.408		0.325	0.404	0.506	0.349	0.481	1.000			
Q20		0.363											0.428	0.399	0.445			0.386	0.388	1.000		
Q21	0.335	0.386	0.420	0.458	0.370	0.314	0.321	0.381	0.305			.372	.322	0.398		0.537		0.378	.502	.487	1.000	
Q22	0.375	0.408		0.393			0.459		0.342	0.302	0.456		0.438	0.556	0.364		0.425	0.380	0.352	0.455	0.549	1.000

منبع: (یافته‌های تحقیق)

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

ضرایب بالای ۰/۵، همبستگی زیاد، ضرایب بین ۰/۳ تا ۰/۴۹، همبستگی متوسط و ضرایب ۰۱ تا ۰/۲۹، همبستگی ضعیف را نشان می‌دهند که در ماتریس فوق، ضرایب بالای ۰/۳ مشخص شده‌اند که شاخص‌هایی که دارای بیشترین ضریب همبستگی هستند، شناسایی می‌گردد؛ به‌طوری که خروجی داده‌ها حاکی از آن هستند که بیشتر متغیرها دارای همبستگی با یکدیگر هستند. طبق نتایج به‌دست آمده از تحلیل‌عاملی اکتشافی توسط نرم‌افزار SPSS از ۲۲ سؤال مطرح شده، ۱۱ سؤال به علت اشتراک کمتر از ۰/۵ و بارعاملی اشتباه بر سایر متغیرهای نامرتبط، حذف شد و ۱۱ عامل در دو بعد طبقه‌بندی شدند. همچنین این دو عامل در مجموع، حدود ۵۵/۶ درصد واریانس نمرات را تبیین می‌کنند (جدول ۱۴).

جدول ۱۴- تشریح واریانس کلی

	Total	%of Variance	Cumulative%	Total	%of Variance	Cumulative%	Total
1	4.296	39.052	39.052	4.296	39.052	39.052	3.600
2	1.820	16.584	55.600	1.820	16.548	55.600	3.460
3	0.997	9.062	64.662				
4	0.726	6.602	71.264				
5	0.672	6.107	77.371				
6	0.633	5.758	83.129				
7	0.544	4.948	88.076				
8	0.491	4.460	92.536				
9	0.326	2.967	95.03				
10	0.283	2.574	98.177				
11	0.212	1.923	100.000				

منبع: (یافته‌های تحقیق)

بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها برای تحلیل‌عاملی مناسب هستند. ماتریس چرخش‌یافته عاملی، نشان‌دهنده همبستگی بالای گویه‌ها (عوامل) با عوامل مرتبط و همبستگی پایین‌شان با سایر عوامل است که این نشان‌دهنده روایی واگرای مناسب برای مقیاس ارائه شده است. ماتریس، مؤلفه‌ها و آیتم‌های تأثیرگذار را تبیین می‌کند که در این ماتریس، آیتم‌های دارای بارعاملی بیش از ۰/۵، انتخاب و مابقی آیتم‌ها، از مؤلفه‌ها حذف می‌گردد. گزینه‌های مطرح در مؤلفه اول شامل: سرمایه‌گذاری مدیریت در بهینه‌سازی مصرف، استانداردسازی محیط کار، آموزش بهینه‌سازی مصرف، فرهنگ‌سازی، اطلاع‌رسانی مناسب در زمینه بهینه‌سازی و تبادل اطلاعات با سایر سازمان‌ها می‌باشد و مؤلفه دوم شامل: اعتماد کارکنان به برنامه‌ها، تعهد مدیریت ارشد، تشویق طرح‌ها، تدوین استراتژی‌های روشن و مشارکت مدیریت ارشد در سیاست‌گذاری‌ها می‌باشد که به عنوان عوامل تأثیرگذار بر بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌توانند مطرح باشند (جداول ۱۵و۱۶). برای رتبه‌بندی شاخص‌های مرتبط با ابعاد تحقیق، از آزمون فریدمن استفاده گردید که خروجی SPSS شامل دو جدول (جداول ۱۷ و ۱۸) می‌باشد.

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

جدول ۱۵- شناسایی عوامل با بیشترین بار عاملی

مؤلفه اول		مؤلفه دوم	
Q1	سرمایه‌گذاری مدیریت در بهینه‌سازی مصرف	Q13	اعتماد کارکنان به برنامه‌ها
Q3	استانداردسازی محیط کار	Q14	تعهد مدیریت ارشد
Q4	آموزش بهینه‌سازی مصرف	Q15	تشویق طرح‌ها
Q5	فرهنگ‌سازی بهینه‌سازی مصرف	Q20	تدوین استراتژی‌های روشن
Q6	اطلاع‌رسانی مناسب در زمینه بهینه‌سازی	Q22	مشارکت مدیریت ارشد در سیاست‌گذاری‌ها
Q8	تبادل اطلاعات با سایر سازمان		

منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۱۶- ماترس مؤلفه‌ها

		ماتریس سازه		
			Component	
			۱	۲
مؤلفه اول	فرهنگ‌سازی بهینه‌سازی مصرف	Q5	**۰/۸۴۷**	۰/۱۹۷
	آموزش بهینه‌سازی مصرف	Q4	**۰/۸۰۸**	۰/۳۰۵
	اطلاع‌رسانی مناسب در زمینه بهینه‌سازی	Q6	**۰/۷۷۵**	۰/۲۸۴
	استانداردسازی محیط کار	Q3	**۰/۷۲۷**	۰/۳۰۸
	سرمایه‌گذاری مدیریت در بهینه‌سازی مصرف	Q1	**۰/۶۷۳**	۰/۴۱۷
	تبادل اطلاعات با سایر سازمان‌ها	Q8	**۰/۳۶۲**	۰/۳۰۹
مؤلفه دوم	تعهد مدیریت ارشد	Q14	۰/۴۳۹	**۰/۸۲۰**
	اعتماد کارکنان به برنامه‌ها	Q13	۰/۲۹۸	**۰/۷۹۰**
	تشویق طرح‌ها	Q15	۰/۲۱۴	**۰/۷۶۹**
	مشارکت مدیریت ارشد در سیاست‌گذاری‌ها	Q22	۰/۳۸۵	**۰/۷۲۰**
	تدوین استراتژی‌های روشن	Q20	۰/۲۰۷	**۰/۷۰۵**

منبع: (یافته‌های تحقیق)

در جدول ۱۷، مشخصات آماری و آماره χ^2 ارائه شده است. در جدول دوم (جدول ۱۸)، میانگین رتبه‌های هر متغیر ارائه شده و هر چقدر میانگین رتبه‌ها بزرگ‌تر باشد، اهمیت آن متغیر بیشتر است.

جدول ۱۷- میانگین رتبه‌ها در آزمون فریدمن به منظور بررسی عوامل مرتبط با مدیریت انرژی

شاخص		میانگین رتبه
Q1	سرمایه‌گذاری مدیریت در بهینه‌سازی مصرف	۵/۸۹
Q3	استانداردسازی محیط کار	۵/۴۹
Q4	آموزش بهینه‌سازی مصرف	۵/۶۰
Q5	فرهنگ سازی بهینه‌سازی مصرف	۶/۲۰
Q6	اطلاع‌رسانی مناسب در زمینه بهینه‌سازی	۷/۰۷
Q8	تبادل اطلاعات با سایر سازمان‌ها	۵/۲۹
Q13	اعتماد کارکنان به برنامه‌ها	۶/۲۳
Q14	تعهد مدیریت ارشد	۶/۵۲
Q15	تشویق طرح‌ها	۴/۹۳
Q20	تدوین استراتژی‌های روشن	۶/۰۴
Q22	مشارکت مدیریت ارشد در سیاست‌گذاری‌ها	۶/۵۲

منبع: (یافته‌های تحقیق)

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

جدول ۱۸- شاخص های آماری به منظور بررسی عوامل مرتبط با مدیریت انرژی

شاخص‌های آماری	مقادیر محاسبه شده
تعداد	۱۱۲
X^2	۵۵/۵۵۸
درجه آزادی	۱۰
عدد معنی‌دار (sig)	۰/۰۰۰

منبع: (یافته‌های تحقیق)

با توجه به خروجی SPSS، مقدار عدد معناداری (sig) از سطح معناداری استاندارد (۵٪ =α) کمتر است؛ بنابراین می‌توان گفت بین وضعیت موجود ۱۰ شاخص مربوط به مدیریت انرژی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این پژوهش، ابتدا وضعیت موجود سازمان از لحاظ میزان مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت که میزان جریمه ریالی تجاوز از قدرت پست‌های فشار قوی و نیز میزان بهای ریالی افزایش دیماند قراردادی پست‌های مذکور، بررسی و محاسبه گردید. می‌توان با برآورد دیماند قراردادی بهینه و خریداری آن، علاوه‌بر رساندن میزان جریمه ریالی پرداختی تجاوز از قدرت به مقدار بهینه، دیماند خریداری شده را به عنوان سرمایه‌ای برای شرکت بهره‌برداری مترو تهران در نظر گرفت. همچنین در صورتی‌که هم‌زمان با توسعه ناوگان و ایستگاه‌های بهره‌برداری، منابع تغذیه انرژی مصارف (پست‌های فوق توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت حوزه‌ای یا خطی) نیز راه‌اندازی شوند و بارگیری صورت پذیرد، تقسیم بار و توزیع بار مصرفی بین پست‌های فوق توزیع متعادل و متوازن شده و امکان تجاوز از قدرت در پیک بار شبکه نیز کاهش می‌یابد. همچنین در برخی موارد، دلایل تعدی مصرف و تجاوز بار دیماندی فیدرهای تغذیه شبکه برق مترو، بروز خاموشی و بی‌برقی از سمت شبکه‌های بالادستی از سمت برق منطقه‌ای بوده که با اعمال مدیریت توزیع انرژی از سمت دیسپاچینگ برق تهران شد و کاهش خاموشی مصارف عمده و حساس مترو، امکان‌پذیر بوده و ضریب اطمینان برق‌رسانی را بهبود می‌بخشد. متغیرهای مورد بررسی شامل: سرمایه‌گذاری، بازاریابی، سیستم‌های اطلاعاتی، انگیزه، سازماندهی و سیاست انرژی بودند که برای شناسایی مؤلفه‌های اصلی تأثیرگذار بر هر یک از متغیرها، از روش تحلیل‌عاملی استفاده شد. برای رتبه‌بندی شاخص‌های مرتبط با ابعاد تحقیق، از آزمون فریدمن استفاده شد که شاخص اطلاع‌رسانی مناسب در زمینه بهینه‌سازی مصرف، بیشترین و تشویق طرح‌های پیشنهادی، کمترین رتبه را به خود اختصاص دادند. نتایج مشاهدات میدانی نیز حاکی از آن هستند که شرکت بهره‌برداری با انتشار نشریات تخصصی و ارسال پیام‌های مختلف در زمینه بهینه‌سازی مصرف به کارکنان، اقدامات مناسبی در زمینه اطلاع‌رسانی انجام داده است. در نهایت به منظور شناسایی تأثیر هر یک از شاخص‌ها، تحلیل واریانس براساس آزمون خی دو انجام گرفت که نتیجه معنی‌دار شد و این نشان‌دهنده تأثیر متفاوت هر یک از شاخص‌ها بر آزمون می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های موجود در منابع مصرفی از جمله انرژی در کشور، ضروری است که به موضوع بهینه‌سازی مصرف انرژی به‌صورت امری جدی نگریسته شود و برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در شرکت بهره‌برداری و نیز بهبود وضع موجود، راهکارهای ذیل پیشنهاد می‌گردد:

۱- توجه به بهره‌وری در استفاده بهینه از مصرف انرژی

۲- توجه جدی به موضوع آموزش و فرهنگ‌سازی در اصلاح الگوی مصرف

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

۳- به‌کارگیری شیوه‌های معماری نوین در بهره‌گیری حداکثری از نور خورشید

۴- آموزش شیوه‌های صحیح راهبری به‌ویژه راهکارهای کاهش مصرف انرژی به راهبران قطار

۵- استفاده از شیوه‌های بازگشت انرژی مازاد به داخل شبکه

۶- توجه به اتلاف انرژی در مسیر انتقال

۷- استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در فضاهای باز به‌ویژه در ایستگاه‌های روزمینی و پایانه‌ها.

همچنین با توجه به گستردگی فعالیت‌های شرکت بهره‌برداری و هزینه‌های پرداختی ناشی از مصرف انرژی، امکان مطالعات زیادی در این زمینه فراهم شده که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- بررسی نقش تکنولوژی‌های نوین در مدیریت مصرف انرژی در شرکت بهره‌برداری مترو

۲- تبیین راهکارهای اصلاح مسیر حرکت قطار برای کاهش مصرف انرژی

۳- شناسایی و معرفی شیوه‌های نوین معماری در بهره‌گیری از نور خورشید

۴- نقش فناوری اطلاعات در بهینه‌سازی مصرف انرژی مترو

۵- آسیب‌شناسی و عرضه‌یابی مصرف انرژی در شرکت بهره‌برداری از دیدگاه فنی و مدیریتی

۶- حفاظت شبکه از منظر حفظ پایداری و استمرار سیستم برق‌رسانی و جلوگیری از بروز خرابی و قطعی برق به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای تضمین ایمنی و قابلیت اطمینان شبکه تراکشن سیستم ریلی الکتریکی بین‌شهری

۷- بهسازی و رفع عیوب ناشی از فرسودگی یراق‌آلات نگهدارنده و تجهیزات شبکه بالاسری و نیز تعویض سیم کنتاکت شبکه بالاسری در نقاط سایشی

۸- شناسایی و انجام مطالعات لازم و مرتبط با سیستم‌های برق‌رسانی در راستای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی الکتریکی با کاهش توان راکتیو و بهبود پروفیل ولتاژ شبکه توزیع خطوط

۹- نصب و به‌کارگیری سیستم‌های جبران‌ساز مدرن توان راکتیو متناسب با رفتار دینامیکی بار تراکشن با امکان برگشت سرمایه در میان‌مدت و مقرون‌به‌صرفه

۱۰- به‌کار گرفتن جبران‌سازهای استاتیک‌وار برای پشتیبانی از ولتاژ در محل پست‌ها

۱۱- به‌کارگیری خازن‌های با اتصال موازی در بانک‌های خازنی یا جبران‌ساز توان راکتیو

۱۲- افزایش میزان ولتاژ و تثبیت آن در نقاط انتهایی خط برای کاهش اتلاف انرژی الکتریکی.

۷- منابع

بختیاری، پیمان؛ استادی جعفری، مهدی؛ کرمرودی، محمود؛ حبیبیان، میقات. (۱۳۸۸). جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در نظریه حمل‌ونقل پایدار مسافر، *مطالعات مدیریت ترافیک*، ۴ (۱۲)، ۷۷-۹۶.

بناء درخشان، روژین؛ طلوعی اشلقی؛ عباس. (۱۳۹۴). شناسایی عناصر کلیدی موفقیت در بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرداری منطقه ۷ تهران، *نشریه انرژی ایران*، ۱۸ (۲)، ۴۴- ۲۳.

پوش‌پارس، حبیب؛ رضازاده نوچه‌دهی، امیرصادق. (۱۳۹۳). *بهینه‌سازی انرژی بازیابی برای کارایی بیشینه در حالت ترمزی قطار در سیستم‌های راه‌آهن سریع‌السیر برقی*، اولین همایش ملی راه‌آهن سریع‌السیر در ایران.

تخشید، محمدرضا؛ متین، مهدی. (۱۳۹۰). تسلط بر منافع نفتی استراتژیک خلیج‌فارس و تهاجم نظامی ایالات متحده به عراق، *فصلنامه مطالعات جهان*، ۱ (۱)، ۲۰۵-۲۳۲.

جوادی، مهرداد؛ کوهی، بهرام؛ جاندوست، علی. (۱۳۹۳). *پیاده‌سازی طرح ذخیره‌سازی و استفاده بهینه از انرژی‌های حالت رژیم ژنراتوری تراکشن موتور قطارهای سریع‌السیر درون شهری*، اولین همایش ملی راه‌آهن سریع‌السیر در ایران.

حیدری، ابراهیم؛ صادقی، حسین. (۱۳۸۴). تخمین کارایی مصرف نهایی انرژی در صنعت ایران در قالب تابع

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

تقاضای تعدیل جریی، *فصلنامه تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۸، ۲۰۰-۱۷۹.

خاکی، غلامرضا. (۱۳۹۰). *روش تحقیق در مدیریت*، تهران: دانشگاه آزاد اسلامی.

زینل‌زاده، آرش؛ محمدنژاد، علیرضا؛ داوودآبادی فراهانی، علی‌اصغر. (۱۳۹۱). *خازن‌گذاری بهینه در شبکه‌های توزیع آلوده به هارمونیک به وسیله الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی*، کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک ایران.

ژاله‌پور، ساسان؛ جعفری‌نسب، محمد. (۱۳۸۹). *کاربرد خازن‌های EDLC در ترمزهای دینامیک قطارهای برقی*، دوازدهمین همایش بین‌المللی حمل‌ونقل ریلی.

سینائی‌پارسا، عیسی. (۱۳۸۹). آشنایی با مبانی و اصول استانداردها و الگوهای مصرف در سازمان‌ها و دستگاه‌های اجرایی / به سفارش سازمان بهزیستی کشور، کاوش پرداز

شرکت بهره‌برداری راه‌آهن شهری تهران و حومه (مترو)، گزارش سالانه عملکرد، تهران. (۱۳۹۳).

صندیدزاده، محمدعلی؛ حیدری، امیر. (۱۳۹۲). طراحی و شبیه‌سازی شبکه تغذیه تراکشن راه‌آهن شهری همراه با روش عددی برای تسریع حل معادلات و تضمین همگرایی، *فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل*، ۵(۲)، ۲۱۷-۲۳۲.

علیزاده، رسول؛ فرشاد، محسن؛ علیزاده، محمد. (۱۳۹۲). *کاهش ماکزیمم توان مصرفی شبکه ریلی با بهینه‌سازی زمان توقف و فاصله زمانی*، بیست‌ویکمین کنفرانس مهندسی برق ایران.

کیهانیان، سینا؛ ربانی، مسعود؛ رفیعی، حامد. (۱۳۹۱). *طرح‌ریزی و استقرار سیستم مدیریت انرژی مبتنی بر استاندارد ISO 50001*، تهران: مسعود ربانی.

مبینی دهکردی، علی؛ حوری جعفری، حامد؛ حمیدی‌نژاد، عطیه. (۱۳۸۸). بررسی وضعیت شاخص‌های مدیریت انرژی در ایران و جهان، *فصلنامه راهبرد*، شماره ۵۱، ۲۹۲-۲۷۱.

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، آمارنامه شهر تهران، تهران. (۱۳۹۰).

یقینی، مسعود؛ غفرانی، فائزه؛ اسمی‌زاده، ماجده؛ میرباقری، ابراهیم. (۱۳۹۱). تخصیص لوکوموتیو و زمان‌بندی قطارهای باری در راه‌آهن ایران، *فصلنامه حمل‌ونقل*، ۵(۱)، ۱۱۶-۹۶.

González-Gil, A., Palacin, R., & Batty, P. (2015). Optimal energy management of urban rail systems: key performance indicators. *Energy Conversion and Management*, *90*, 282-291.

Liu, H., Guo, H. C., Yu, Y. J., Wang, Z., & Liu, T. (2010). Study on Optimization of Urban Passenger Traffic Environmental System Based on Trip. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis; 46*(1), 121-128.

Powell, A., Bordoloi, B., & Ryan, S. D. (2007). Data Flow Diagramming Skills Acquisition: Impact of Cooperative versus Individual Learning. *Journal of information systems education*, *18*(1), 103.

Topalovic, P., Carter, J., Topalovic, M., & Krantzberg, G. (2012). Light rail transit in Hamilton: Health, environmental and economic impact analysis. *Social Indicators Research*, *108*(2), 329-350.

Wang, X. J., Xi, X. M., & Zhang, T. (2012). An assessment model of reducing air pollution benefit of urban rail transit. *Energy Procedia*, *14*, 770-774.

Xia, H., Chen, H., Yang, Z., Lin, F., & Wang, B. (2015). Optimal energy management, location and size for stationary energy storage system in a metro line based on genetic algorithm. *Energies*, *8*(10), 11618-11640.

Zhang, L., & Qunren, L. I. (2000). Calculating and analyzing the exterior cost of several main modes. *Railway transport and economy*, *1*(12), 36-39.

Zuo, C. H. E. N. (2001). The Impact of Urban Transit on Ecological Environment [J]. *China Railway Science*, *3*, 023.

[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1396.5.18.4.2]
[Downloaded from mail.iueam.ir on 2026-09-26]