

پیش‌بینی تقاضای انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل ایران توسط مدل MAED تا سال ۱۳۹۵

امید شاه‌حسینی^۱، زهره سلیمیان^۱، رضا گودرزی^۲، محمد علیمردانی^۲

چکیده:

بحران انرژی یکی از موضوعاتی است که به شدت مورد توجه جوامع امروزی می‌باشد. گسترش قطارهای برقی شهری یکی از راه حل‌های اساسی مطرح شده برای مهار رشد تقاضای سوخت خودروها در سفرهای درون شهری است. این راه حل در کشور ما از سی سال قبل تاکنون مطرح بوده و هم اکنون رشد قابل توجهی یافته است. از دیگر وسایل حمل و نقل عمومی در کشور ناوگان اتوبوس برقی است که هر چند در ابتدا به دلایل زیست محیطی (به خصوص در شهر تهران) مورد استقبال قرار گرفت، ولی، در ادامه به علت عدم وجود زیر ساختهای مناسب برای احداث خطوط جدید توسعه چندانی نیافت. با وجود این دو سیستم حمل و نقل عمومی لازم است که همانند سایر بخشها، تقاضای مورد نیاز این بخش نیز محاسبه و در برنامه‌ریزی انرژی کشور لحاظ گردد. پیش‌بینی تقاضا بر اساس مدل‌های مصرف نهایی^۳ یکی از روش‌های پیش‌بینی بوده و مدل‌های مختلفی نظیر MAED برای این منظور توسعه داده شده‌اند. در این راستا کلیه اطلاعات مورد نیاز از شرکهای مترو، اتوبوس برقی و سازمانهای وابسته جمع آوری شده و پس از پردازش و انجام محاسبات لازم، نیازمندیهای اطلاعاتی مدل MAED تولید می‌شود و با استفاده از این مدل تقاضای انرژی الکتریکی بخش حمل و نقل پیش‌بینی می‌شود و با اهداف تعیین شده در سند چشم انداز توسعه بیست ساله کشور مقایسه می‌گردد.

تاریخ دریافت مقاله:

۸۸/۸/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله:

۸۸/۱۱/۲۸

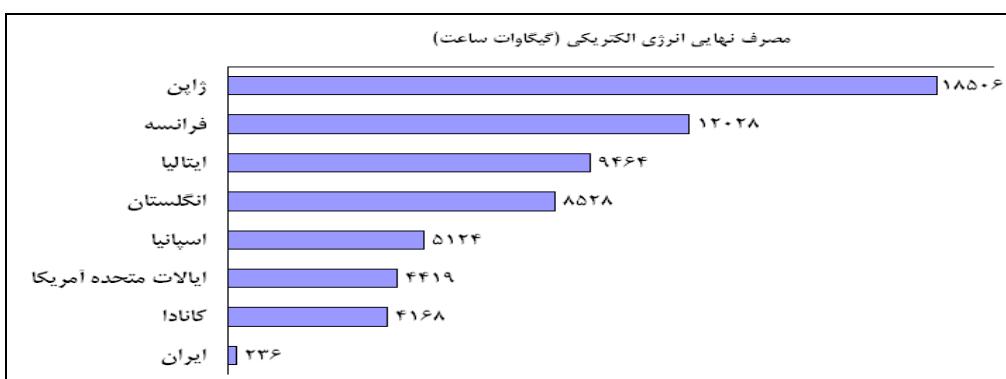
کلمات کلیدی:

انرژی الکتریکی، تقاضا،
حمل و نقل، ایران

مقدمه

امروزه، کاربرد انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل در سراسر جهان رو به افزایش است. مصرف الکتریسته در بخش حمل و نقل در دنیا در سال ۲۰۰۶ به رقم ۲۵۵ تراوات ساعت رسیده است^[۲]. بخش عمده‌ای از مصرف انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل در سراسر دنیا، به سیستمهای قطار شهری اختصاص می‌یابد. نداشتن آلیندگی، صرفه‌جویی در فضا، کاهش چشمگیر سوت و قابلیت استفاده از تکنولوژیهای روز دنیا موجب شده که سیستمهای قطار شهری به سرعت گسترش یابد به گونه‌ای که روزانه ۱۵۰ میلیون سفر در شهرهای جهان با استفاده از این سیستم حمل و نقل انجام می‌شود. در ایران نیز هر چند پرتوه احداث قطار شهری در تهران به سال ۱۳۵۴ بر می‌گردد، اما، اولین خط مترو در سال ۱۳۷۷ و با ظرفیت انجام ۳۰۰ هزار سفر در سال کار خود را آغاز کرد و طی ۱۰ سال گذشته به گونه‌ای توسعه یافته که در حال حاضر سالیانه یک میلیارد سفر در تهران با مترو انجام می‌شود. مصرف برق مترو تهران نیز در سال ۱۳۸۵ برابر با ۲۳۶ گیگاوات ساعت بوده است^[۶]. شکل (۱) نمایان گر مقایسه هر چه بهتر میزان مصرف برق مترو در ایران در مقایسه با سایر کشورهای پیشگام دنیا در سال ۲۰۰۶ است.

سابقه استفاده از اتوبوس برقی در دنیا به سال ۱۹۰۱ فرانسه باز می‌گردد. هر چند در ابتدا استفاده از این اتوبوسها به دلیل کاهش قابل ملاحظه در میزان انتشار آلیندگها (ناشی از سوختهای موتوری) با استقبال فراوانی روبرو شد، لیکن در ادامه با فراز و نشیبهای زیادی همراه شد. در هر یک از کشورهای دنیا نیز بسته به معماری شهرها، نیاز حمل و نقل و سایر امکانات موجود ناوگان اتوبوس برقی گسترش یافته است. سیستم اتوبوس برقی در ایران، در سال ۱۳۷۱ راهاندازی شد ولی در ادامه به علت عدم وجود زیرساختهای مناسب برای احداث تاسیسات برق رسانی عملیات توسعه آن متوقف و فعالیت آن محدود شد. (در حال حاضر، حدود ۳۰ میلیون سفر در سال با استفاده از این وسیله نقلیه عمومی در تهران جابجا می‌شوند. همچنین، مصرف برق اتوبوس برقی در تهران در سال ۱۳۸۵ معادل ۷۰۰۰ مگاوات ساعت بوده است^[۵].



شکل ۱: مصرف نهایی برق در بخش مترو کشورهای پیشرفته دنیا در سال ۲۰۰۶

بر طبق آمار ارائه شده در ترازnamه انرژی ایران در سال ۱۳۸۵، مصرف برق در بخش حمل و نقل ایران معادل ۰/۱۱ میلیون بشکه نفت خام بوده که در مقایسه با کل برق مصرفی معادل ۹۱ میلیون بشکه نفت خام ناچیز به شمار می‌رود. لیکن، با توجه به اهداف بلندمدت در بخش انرژی و سیاستهای تدوین شده در سند چشم‌انداز توسعه بیست ساله این کشور، مقرر شده است مصرف بخش حمل و نقل از کل مصرف برق در سال ۱۴۰۴ به ۱ میلیون بشکه معادل نفت خام برسد. با عنایت به مطلب فوق و با توجه به مصرف انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل و افزایش آن (توسعه سیستمهای حمل و نقل قطار شهری و اتوبوس برقی در سراسر ایران) و همچنین در راستای برنامه‌ریزی ۱۰ ساله برای تولید انرژی الکتریکی مورد نیاز مناسب با میزان تقاضا، در این مقاله به پیش‌بینی تقاضای انرژی الکتریکی مربوط به بخش حمل و نقل تا سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل مصارف نهایی MAED می‌پردازیم.

مدل MAED در واقع نسخه‌ای تغییر یافته از مدل برآورده انرژی MEDDEE است که برای اولین بار در سال ۱۹۷۷ در دانشگاه گلوبرن فرانسه تهیه شده است. فرایند تغییر مدل توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی انجام شده و در این خصوص هدف اصلی تهیه ابزار محاسباتی برای تعیین میزان مصرف نهایی و مفید انواع حاملهای انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی بوده که قابلیت استفاده از آن در سایر کشورهای عضو آژانس فراهم شد. این مدل، با تغییرات اعمال شده در آن در حال حاضر به عنوان یکی از مدل‌های مناسب در خصوص پیش‌بینی تقاضای حاملهای انرژی مطرح بوده و در کنار سایر مدل‌های موجود برای برنامه‌ریزی انرژی در کشورهای مختلف دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله، ابتدا، بخش حمل و نقل مدل MAED و پارامترهای مورد نیاز برای اجرای آن معرفی می‌شوند. در ادامه، میزان انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش حمل و نقل تا سال ۱۳۹۵ با استفاده از زیر مدل انرژی مدل MAED برآورده می‌شود. پیش‌بینی پارامترهای زمانی تا سال ۱۳۹۵ در این بخش با استفاده از رشد متوسط پارامترها در سالهای قبل صورت می‌پذیرد. در پایان نتایج حاصل از پیش‌بینی با اهداف مورد نظر در سند چشم‌انداز توسعه بیست ساله ایران مقایسه شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

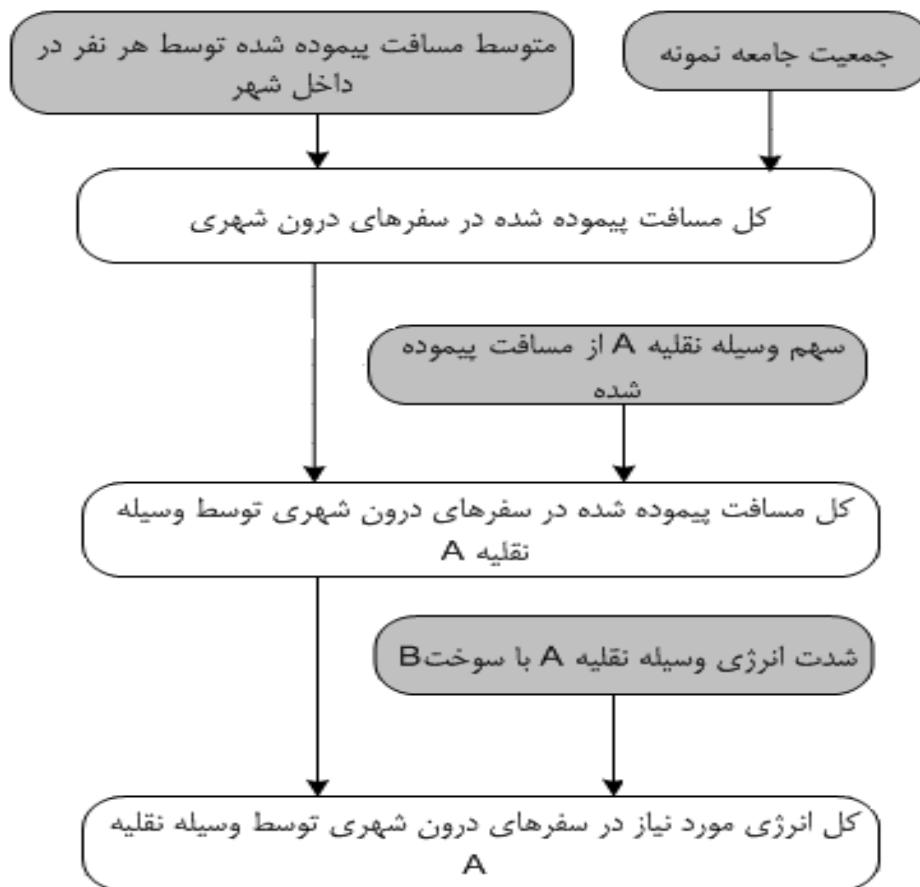
روش برآورده تقاضای انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل توسط مدل MAED

بخش حمل و نقل در مدل MAED به سه زیر بخش کلی جا به جایی مسافر، جابجایی بار، ترانزیت، نظامی و سایر تقسیم‌بندی می‌شود. در بخش حمل و نقل مسافر نیز، دو زیر مجموعه حمل و نقل شهری و بین شهری در نظر گرفته شده است. در هر یک از زیر بخشها وسائل نقلیه عمومی و شخصی لحاظ شده و این وسائل می‌توانند از حاملهای مختلف انرژی استفاده کنند و بدین ترتیب کلیه حالت‌های مربوط به جابجایی یک شئی و یا شخص توسط مدل MAED پوشش داده می‌شود. جدول (۱)، کلیه حالات و انواع وسائل حمل و نقل را که در مدل MAED مورد توجه قرار می‌گیرند، نشان می‌دهد.

جدول ۱: انواع حالات حمل و نقل در مدل MAED

بیشترین تعداد سوخت مورد استفاده	بیشترین تعداد حالات حمل و نقل	انواع حمل و نقل
۸	۱۵	مسافر (سطح کشوری) درون شهری -
۸	۵ نوع ماشین و ۱۰ نوع حالت	- بین شهری
۸	۱۵	بار

برای آشنایی با روش به کار گرفته شده توسط مدل برای محاسبه و پیش‌بینی حاملهای انرژی مورد نیاز حمل و نقل در بازه زمانی خواسته شده وسیله نقلیه A با حامل انرژی B را در نظر بگیرید. در مطالعه ما این وسایل اتوبوس برقی و قطار برقی با حامل انرژی برق هستند. روش بکار رفته در مدل MAED برای پیش‌بینی تقاضای انرژی مورد نیاز وسیله مورد نظر مطابق شکل (۲) است. در این شکل، خانه‌های هاشور خورده و رویدهای مدل هستند که برای بازه زمانی برآورد تقاضای انرژی توسط کاربر پیش‌بینی شده و به مدل داده می‌شود. خانه‌های سفید، پارامترهای میانی هستند که توسط مدل محاسبه شده، تا در نهایت میزان انرژی مورد نیاز یک وسیله (اعم از شخصی و عمومی) برای انجام سفرهای درون شهری در یک سال استخراج گردد. در این مطالعه، نمودار توضیح داده شده برای هر یک از وسایل نقلیه مطرح شده مورد استفاده قرار گرفته و در پایان میزان انرژی الکتریکی مورد نیاز هر دو وسیله با یک دیگر جمع شده است [۳۹].



شکل ۲: نمودار محاسبه انرژی سالیانه مورد نیاز یک وسیله نقلیه عمومی درون شهری در مدل MAED

تولید اطلاعات ورودی مدل MAED

در این بخش، پارامترهای معرفی شده در شکل (۲) پیش‌بینی و برای ورود اطلاعات در مدل MAED ارائه می‌گردد. از آنجا که در سایر شهرهای کشور مانند شهر تهران تاکنون مطالعات جامعی در خصوص سایر پارامترهای حمل و نقل صورت نپذیرفته است، لذا، استفاده از روش‌های فنی و مهندسی برای محاسبه انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش حمل و نقل امکان پذیر نیست و تنها پیش‌بینی شرکتهای بهره بردار در بخش‌های اتوبوس برقی و قطار شهری می‌تواند راهگشا باشد [۱۶]. در این راستا و پس از بررسی‌های کارشناسی با شرکتهای قطار شهری در شهرهای اصفهان، کرج، مشهد، شیراز، تبریز و اهواز مکاتبه و پیش‌بینی هر یک از

آنها در خصوص انرژی الکتریکی مورد نیاز ناوگان مترو در شهرهای مزبور تا سال ۱۳۹۵ اخذ گردید که در ادامه آورده شده است.

پیش‌بینی انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش حمل و نقل در شهر تهران

پیش‌بینی جمعیت شهر تهران

کل جمعیت شهر تهران در سال ۱۳۸۵ برابر با ۷۷۷۵۰۰۰ نفر بوده است^[۵]. نرخ رشد جمعیت در شهر تهران نصف میانگین کل کشور اعلام شده است و نرخ رشد جمعیت در کل کشور ۱/۷ درصد می‌باشد^[۴]. با اعمال درصد رشد اعلام شده، جمعیت تهران در سال ۱۳۹۵ برابر با ۸۴۶۲۰۰۰ نفر خواهد بود. نتایج حاصل از این پیش‌بینی در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲: پیش‌بینی جمعیت شهر تهران تا سال ۱۳۹۵

سال	جمعیت (میلیون نفر)
۱۳۹۵	۸,۴۶۲
۱۳۹۴	۸,۳۹۰
۱۳۹۳	۸,۳۲۰
۱۳۹۲	۸,۲۵۰
۱۳۹۱	۸,۱۸۰
۱۳۹۰	۸,۱۱۱
۱۳۸۹	۸,۰۴۳
۱۳۸۸	۷,۹۷۵
۱۳۸۷	۷,۹۰۸
۱۳۸۶	۷,۸۲۱
۱۳۸۵	۷,۷۷۵

پیش‌بینی مسافت پیموده شده در سفرهای داخل شهری در تهران در هر روز بر حسب کیلومتر

براساس مطالعات انجام شده در سال ۱۳۸۵، تعداد کل سفرهای انجام شده در یک سال در شهر تهران معادل ۹۱۳,۰۰۰ ریال است. همچنین، بر اساس همین مطالعات، متوسط مسافت پیموده شده در هر سفر درون شهری در تهران برای هر فرد حداقل ۵ کیلومتر است^[۸]. با توجه به این دو پارامتر کل مسافت طی شده در شهر تهران برای تمامی سفرها ۵۶۵,۰۰۰ ریال ۲۹ نفر کیلومتر خواهد بود.

مطابق رابطه ذیل:

$$\text{کل جمعیت} / \text{کل مسافت پیموده شده} = \text{مسافت پیموده شده توسط هر نفر} \quad (1)$$

مسافت پیموده شده توسط هر فرد در کلیه سفرهای انجام شده در یک سال معادل با ۳۸۰۱ کیلومتر خواهد شد. از تقسیم عدد حاصل بر ۳۶۵ کل مسافت پیموده شده توسط هر فرد در یک روز برابر با $10/4$ کیلومتر به دست خواهد آمد. در این مطالعه، پارامتر مزبور در طول دوره پیش‌بینی ثابت فرض شده است.

ضریب بار قطارهای مترو

ضریب بار هر وسیله نقلیه عبارت است از تعداد متوسط مسافرینی که در هر سفر جابجا می‌شوند. با توجه به آمار ارائه شده توسط شرکت بهره‌برداری مترو تهران و حومه، ضریب بار هر قطار مترو در سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ برابر با ارقام ارائه شده در جدول (۳) بوده است. بر این اساس و با در نظر گرفتن نرخ رشد متوسط ۱۰ درصد کاهش در سال ۱۳۸۴ و ۸,۳ درصد افزایش در سال ۱۳۸۵ برابر با ۸۵,۰ درصد و کاهشی، ضریب بار قطارهای مترو برای حد فاصل سالهای ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ برابر با جدول (۳) به دست خواهد آمد.

جدول ۳ ضریب بار قطارهای مترو تا سال ۱۳۹۵

سال	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
ضریب بار (نفر بر وسیله)	۶۶۰	۵۹۸,۵	۵۹۸,۵	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,

ضریب بار اتوبوس برقی

با توجه به آمار ارائه شده توسط شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه، ضریب بار هر اتوبوس برقی در سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ برابر با ارقام ارائه شده در جدول (۴) بوده است. بر این اساس و با در نظر گرفتن سری زمانی در حد فاصل سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ ضریب بار هر اتوبوس برقی برابر با ۳,۸ درصد در سال کاهش داشته است. ذکر این نکته ضروری است که تفاضل مقادیر در هر سه سال همین مقدار را نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن نرخ رشد ۳,۸ درصد در سال و به صورت کاهشی، ضریب بار اتوبوس برقی برای حد فاصل سالهای ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ برابر با جدول (۴) به دست خواهد آمد.

جدول ۴: ضریب بار اتوبوس‌های برقی تا سال ۱۳۹۵

سال	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
ضریب بار (نفر بر وسیله)	۴۹,۲	۴۷,۴	۴۵,۷	۴۲,۳	۴۰,۷	۳۹,۱	۳۷,۷	۳۶,۲	۳۴,۸	۳۳,۵	۳۲,۲	۳۱	۳۱

سهم اتوبوس برقی از حمل و نقل عمومی

با توجه به اطلاعات اخذ شده از شرکت واحد اتوبوس‌رانی تهران و حومه، سهم اتوبوس برقی از کل مسافت پیموده شده در تهران حد فاصل سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ برابر با اعداد ارائه شده در جدول (۵) بوده است. همان گونه که ارقام جدول نشان می‌دهد، سهم اتوبوس برقی از حمل و نقل عمومی در سال ۱۳۸۴، ۲۸ درصد کاهش داشته و در سال ۱۳۸۵، ۱۷ درصد رشد داشته است. نرخ رشد متوسط در این دوره سه ساله برابر با ۵,۵ درصد و کاهشی بوده است. بر اساس همین نرخ رشد سهم اتوبوس برقی از حمل و نقل عمومی در حد فاصل سالهای ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ قابل محاسبه است. ارقام محاسبه شده در جدول (۵) آورده شده است. لازم به توضیح است که این سهم به صورت نسبت کل مسافت طی شده توسط اشخاص با استفاده از اتوبوس برقی به کل مسافت طی شده محاسبه شده است.

جدول ۵: سهم اتوبوس برقی از حمل و نقل عمومی تا سال ۱۳۹۵

سال	سهم اتوبوس برقی (درصد)	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۵	۱۳۸۴	۱۳۸۳
سهم اتوبوس برقی (درصد)	۰,۹۷	۱,۰۳	۱,۰۹	۱,۱۵	۱,۲۲	۱,۲۹	۱,۳۶	۱,۴۴	۱,۵۳	۱,۶۱	۱,۶۳	۱,۸۳	۱,۸۳

سهم مترو از حمل و نقل عمومی

بر طبق بررسیهای انجام شده توسط کارشناسان شرکت بهره‌برداری مترو تهران انجام شده سهم این ناوگان از کل مسافت پیموده شده در تهران (سال ۱۳۸۵) برابر با ۱۰,۲ درصد بوده است. از سوی دیگر مطابق آمار و اطلاعات ارائه شده توسط شرکت بهره‌برداری مترو تهران، این شاخص قرار است تا ده سال آینده بیش از دو برابر رشد داشته باشد و به همین علت سهم مترو از کل جابجایی انجام شده در سفرهای درون شهری به بیش از ۲۰ درصد خواهد رسید. با در نظر گرفتن این رقم برای سال ۱۳۹۵ و با فرض یک نرخ رشد ثابت، نحوه تغییرات سهم مترو از حمل و نقل در شهر تهران تا سال ۱۳۹۵ قابل استحصال است. جدول (۶) نحوه تغییرات سهم مترو از حمل و نقل در شهر تهران تا سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

جدول ۶: پیش‌بینی سهم مترو از سفرهای درون شهری تهران تا سال ۱۳۹۵

سال	سهم مترو (درصد)	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۵
سهم مترو (درصد)	۲۰	۱۸,۶۸	۱۷,۴۶	۱۶,۳۴	۱۵,۲۶	۱۴,۲۶	۱۳,۳۴	۱۲,۴۸	۱۱,۶۶	۱۰,۲	۱۰,۲

شدت انرژی اتوبوس برقی و قطار مترو

بر طبق اطلاعات اخذ شده از شرکت اتوبوسرانی، شدت انرژی الکتریکی هر اتوبوس برابر با ۶۶ کیلووات ساعت در هر ۱۰۰ کیلومتر است. این رقم برای حد فاصل سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۳ به صورت ثابت ارائه شده و طی سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ نیز ثابت فرض می‌شود. همچنین، بر طبق مطالعات انجام شده توسط شرکت بهره‌برداری مترو تهران شدت انرژی هر قطار مترو در سال ۱۳۸۵ برابر با ۲۰,۵ کیلووات ساعت بر کیلومتر بوده است. این پارامتر نیز در طی دوره مطالعه ثابت فرض شده است.

جدول ۷: شدت انرژی الکتریکی ناوگان مترو اتوبوس برقی تا سال ۱۳۹۵

سال	شدت انرژی قطار مترو (کیلووات ساعت بر صد کیلومتر)	شدت انرژی اتوبوس برقی (کیلووات ساعت بر صد کیلومتر)
۱۳۹۵	۲۰,۵	۶۶
۱۳۹۴	۲۰,۵	۶۶
۱۳۹۳	۲۰,۵	۶۶
۱۳۹۲	۲۰,۵	۶۶
۱۳۹۱	۲۰,۵	۶۶
۱۳۹۰	۲۰,۵	۶۶
۱۳۸۹	۲۰,۵	۶۶
۱۳۸۸	۲۰,۵	۶۶
۱۳۸۷	۲۰,۵	۶۶
۱۳۸۶	۲۰,۵	۶۶

پیش‌بینی انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش حمل و نقل در سایر شهرها

پیش‌بینی انرژی الکتریکی مورد نیاز قطار شهری بر اساس طرحهای توسعه و یا در حال احداث در سایر شهرها تا سال ۱۳۹۵ در جدول (۸) آورده شده است.

جدول (۸): برق مصرفی سیستم‌های قطار شهری در ایران تا سال ۱۳۹۵

سال										نام شهر
۹۵	۹۴	۹۳	۹۲	۹۱	۹۰	۸۹	۸۸	۸۷		
۲۴۴	۲۴۲	۲۴۰	۲۲۴	۲۲۲	۲۱۹	۲۱۸	۲۰۳	۲۰۲		اصفهان
۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۳۷	۱۳۷	۹۸	۰	۰		کرج
۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۲۶	۲۲۶	۲۳۶	۰	۰	۰		مشهد
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰		شهریار
۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۰	۰	۰		تبریز
۲۴۸	۲۴۸	۲۴۸	۲۴۸	۲۴۸	۲۴۸	۰	۰	۰		اهواز
۱۲۲۰	۱۲۱۸	۱۲۱۶	۱۲۰۰	۱۱۴۲	۱۱۴۱	۳۱۶	۲۰۳	۲۰۲	مجموع روزانه (مگاوات ساعت)	
۴۴۵۲۵۹	۴۴۴۵۰۲۶	۴۴۳۸۱۵	۴۳۷۷۱۹	۴۱۶۹۶۷	۴۱۶۳۰۷	۱۱۵۲۶۸	۷۴۱۹۷	۷۳۵۸۴	مجموع سالیانه (مگاوات ساعت)	
۴۴۵,۳	۴۴۴,۵	۴۴۳,۸	۴۳۷,۷	۴۱۷,۰	۴۱۶,۳	۱۱۵,۳	۷۶,۲	۷۳,۶	مجموع سالیانه (گیگاوات ساعت)	

محاسبه انرژی الکتریکی مصرفی بخش حمل و نقل تهران در مدل MAED

با وارد کردن سایر متغیرهایی که در قسمتهای قبل به آنها اشاره شد چندین محاسبه فنی برای به دست آوردن پارامترهای میانی و در نهایت استحصال کل انرژی الکتریکی مورد نیاز در بخش حمل و نقل در MAED انجام می‌شود. در نهایت انرژی الکتریکی مصرفی بخش حمل و نقل تهران با استفاده از مدل MAED مطابق جدول (۹) به دست آمد.

جدول ۹: انرژی الکتریکی مورد نیاز برای سفرهای درون شهری در تهران تا سال ۱۳۹۵

سال	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۵
کل برق مصرفی توسط ناوگان مترو (گیگاوات ساعت)	۵۵۰,۱	۵۰۴,۶	۴۶۳,۴	۴۲۷,۵	۳۹۰,۷	۳۵۹,۲	۳۳۰,۳	۳۰۴,۰	۲۸۸,۲	۲۳۵,۶
کل برق مصرفی توسط ناوگان اتوبوس برقی (گیگاوات ساعت)	۶,۱	۷,۰	۶,۱	۷,۰	۷,۰	۷,۰	۷,۰	۷,۰	۷,۹	۷,۰
کل انرژی الکتریکی (گیگاوات ساعت)	۵۵۶,۳	۵۱۱,۶	۴۶۹,۵	۴۳۴,۵	۳۹۷,۷	۳۶۶,۲	۳۳۷,۳	۳۱۱,۰	۲۹۶,۱	۲۴۲,۷

ذکر این نکته ضروری است که برق مورد نیاز برای ناوگان مترو در مقایسه با اتوبوس برقی بیشتر بوده و بنابراین در سطح کلان کل انرژی الکتریکی مورد نیاز در بخش حمل و نقل شهر تهران به قطار شهری یا همان مترو بر می‌گردد. همچنین، توسعه ناوگان مترو موجبات افزایش مصرف انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل را فراهم خواهد ساخت و این در حالی است که مطابق اطلاعات اخذ شده برنامه مدون و جامعی در خصوص افزایش تعداد اتوبوسهای برقی و در نتیجه افزایش مصرف الکتریسیته در این بخش وجود ندارد.

پیش‌بینی انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش حمل و نقل در ایران تا سال ۱۳۹۵

از مجموع انرژی الکتریکی مورد نیاز سیستم‌های قطار شهری در سایر شهرهای ایران و انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش حمل و نقل در شهر تهران کل برق مورد نیاز در بخش حمل و نقل در کشور تا سال ۱۳۹۵ به دست می‌آید. نتایج حاصل بر حسب گیگاوات ساعت (واحد متدالو در MAED) در جدول (۱۰) آورده شده است.

جدول ۱۰: انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش حمل و نقل در ایران تا سال ۱۳۹۵

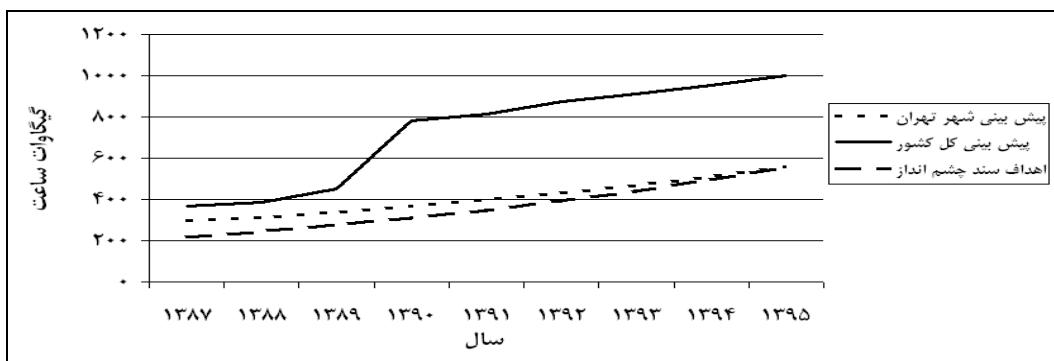
سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
برق مصرفی بخش حمل و نقل در تهران (گیگاوات ساعت)	۲۹۶,۱	۳۱۱,۰	۳۳۷,۳	۳۶۶,۲	۳۹۷,۷	۴۳۴,۵	۴۶۹,۵	۵۱۱,۶	۵۵۶,۳
برق مصرفی بخش حمل و نقل در سایر شهرها (گیگاوات ساعت)	۷۳۶	۷۴,۵	۱۱۵,۶	۴۱۶,۱	۴۱۷,۰	۴۲۸,۰	۴۴۴,۱	۴۴۵,۰	
نقل در ایران (گیگاوات ساعت)	۳۶۹,۷	۳۸۵,۴	۴۵۲,۹	۷۸۲,۳	۸۱۴,۷	۸۷۲,۵	۹۱۳,۷	۹۵۵,۷	۱۰۰۱,۳

مقایسه پیش‌بینی انجام شده با اهداف مورد نظر در سند چشم انداز توسعه ایران

جدول شماره (۱۱)، میزان برق مصرفی در بخش حمل و نقل ایران تا سال ۱۳۹۵ بر اساس سند چشم انداز توسعه بیست ساله کشور را نشان می‌دهد. برای مقایسه هر چه بیشتر با پیش‌بینی انجام شده در این مقاله برق مصرفی بخش حمل و نقل در شهر تهران و همچنین کل کشور به همراه اهداف سند چشم انداز در شکل (۳) نشان داده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اگر سایر طرحهای پیش‌بینی شده در تمامی نقاط کشور تحقق یابد پیش‌بینی انجام شده مدل MAED از اهداف مورد نظر در سند چشم انداز توسعه بیست ساله ایران در سال ۱۳۹۵ بیشتر خواهد بود و در صورتی که تنها در شهر تهران طرحهای توسعه اجرایی و بهره‌برداری شود، نتیجه پیش‌بینی و اهداف سند بر یکدیگر منطبق خواهد شد.

جدول ۱۱: انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش حمل و نقل در ایران تا سال ۱۳۹۵ بر اساس اهداف سند چشم انداز

سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
برق مصرفی بخش حمل و نقل در ایران (گیگاوات ساعت)	۲۱۹,۹	۲۴۷,۰	۲۷۷,۷	۳۱۱,۹	۳۵۰,۴	۳۹۳,۳	۴۴۲,۴	۴۹۶,۷	۵۵۸,۰



شکل ۳: مقایسه پیش‌بینی حاصل از مدل MAED با اهداف سند چشم انداز توسعه تا افق ۱۳۹۵

نتیجه گیری

پیش بینی انرژی الکتریکی مورد نیاز برای بخش حمل و نقل در ایران را می‌توان به دو بخش پیش بینی انرژی الکتریکی مورد نیاز در شهر تهران و پیش بینی انرژی الکتریکی مورد نیاز در سایر شهرها تقسیم بندهی نمود. در شهر تهران با توجه به اطلاعات اخذ شده سیستم قطار شهری یا همان مترو در حال گسترش است و این در حالی است که ناوگان اتوبوس برقی به دلیل عدم وجود زیرساختهای مناسب چندان توسعه نخواهد یافت. بر این اساس، محاسبات فنی نشان داد که برق مصرفی در ناوگان مترو تهران از ۲۳۵ گیگاوات ساعت در سال ۱۳۸۵ به ۵۵۰ گیگاوات ساعت در سال ۱۳۹۵ خواهد رسید و بدین ترتیب دو برابر رشد خواهد داشت. همچنین، انرژی الکتریکی مصرفی در بخش اتوبوس برقی در مقایسه با مترو ناچیز بوده و قابل صرف نظر کردن است. در سایر شهرهای ایران انرژی الکتریکی مورد نیاز در بخش حمل و نقل در آینده به مترو مربوط می‌شود. با توجه به این نکته و اطلاعات اخذ شده از سایر شرکتهای بهره‌برداری قطار شهری در ایران کل برق مصرفی در بخش حمل و نقل در سایر شهرهای ایران در سال ۱۳۹۵ به ۴۴۵ گیگاوات ساعت خواهد رسید. نتایج پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که در مجموع مصرف انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل در کل کشور از ۲۳۵ گیگاوات ساعت در سال ۱۳۸۵ به ۱۰۰۱ گیگاوات ساعت در سال ۱۳۹۵ خواهد رسید. همچنین، در صورتی که سایر طرحهای گسترش ناوگان قطار شهری در سایر شهرهای ایران اجرایی و در زمان مقرر به بهره‌برداری برسد، میزان برق مصرفی در بخش حمل و نقل ایران بیشتر از اهداف سند چشم انداز توسعه ایران در سال ۱۳۹۵ خواهد شد و در صورتی که این ناوگان تنها در شهر تهران گسترش یابد، میزان برق مصرفی و اهداف سند چشم انداز به یک نقطه همگرا خواهد شد.

منابع

- [۱] آمار تفصیلی صنعت برق ایران، شرکت توانیر، وزارت نیرو جمهوری اسلامی ایران ، ۱۳۸۵ .
- [۲] ترازnamه انرژی ایران، معاونت امور برق و انرژی، وزارت نیرو جمهوری اسلامی ایران ، ۱۳۸۴ .
- [۳] ترازnamه انرژی ایران، معاونت امور برق و انرژی، وزارت نیرو جمهوری اسلامی ایران ، ۱۳۸۵ .
- [۴] سرشماری عمومی نفوس و مسکن در ایران، مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵ .
- [۵] شرکت اتوبوس برقی تهران.
- [۶] شرکت بهره‌برداری مترو تهران و حومه.
- [۷] مدل تقاضای بار الکتریکی به تفکیک پیک و غیر پیک و به تفکیک بخش‌های اقتصادی و اجتماعی، پژوهشگاه نیرو، وزارت نیرو جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۷ .
- [۸] مطالعات حمل و نقل در شهر تهران، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۵ .
- [9] Computer Manual Series of Model for Analysis of Energy Demand (MAED 2), IAEA,2002.
- [10] www.iranurbanstudies.com.