فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و یکم، شماره ۸۶، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۸-۱

ارزیابی کارایی ایستگاه‌های تقاطعی و پرتردد خطوط مترو تهران با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها

سید محسن علیزاده طباطبایی (مسئول مکاتبات)، معاون طرح و برنامه شرکت بهره‌برداری راه‌آهن شهری تهران و حومه

مجتبی حق‌شناس، کارشناس کنترل راهبردی شرکت بهره‌برداری راه‌آهن شهری تهران و حومه

E-mail: mohsen.taba@gmail.com

چکیده

امروزه تمامی مدیران در همه سازمان‌ها، خواستار استفاده بهینه از امکانات و ظرفیت‌های موجود در بخش‌های مختلف می‌باشند؛ بنابراین وجود مدلی به‌منظور ارائه بازخورد در راستای بهبود عملکرد شعب مختلف سازمان‌ها و دستیابی به ابزاری جهت برآوردن این نیاز مدیران، بسیار ضروری و منطقی به نظر می‌رسد. در راستای ضرورت فوق در این مقاله سعی و تلاش خواهد شد تا مدلی مناسب جهت ارزیابی عملکرد ایستگاه‌های تقاطعی و پرتردد خطوط مترو تهران برای شناسایی ایستگاه‌های کارا و ناکارا جهت بهبود عملکرد ایستگاه‌های ناکارا و یا ایستگاه‌هایی که کارایی کمتری دارند و تقویت هرچه بیشتر این ایستگاه‌ها ارائه شود. این تحقیق تجربه‌ای از به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارایی ایستگاه‌های تقاطعی و پرتردد خطوط مترو تهران است که با استفاده از نرم‌افزار گمز (GAMZ) بررسی شده و نوع مدل استفاده‌شده در این پژوهش SBM+UNDESIR است. شاخص‌های مناسب جهت ارزیابی کارایی استخراج شده‌اند که شاخص‌های ورودی تعداد نیروی انسانی، هزینه پرسنلی، سهم هر ایستگاه و شاخص‌های خروجی شامل تعداد مسافر، درآمد ایستگاه، هدوی و حوادث است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد ایستگاه‌های امام خمینی، صادقیه، تئاتر شهر، شادمان، حسن‌آباد، شهدای ۱۷ شهریور و تربیت مدرس دارای کارایی صددرصدی هستند. در آن سوی مسئله ایستگاه‌های مهدیه، امام حسین، دروازه شمیران، میدان ولیعصر و شهید بهشتی به ترتیب دارای کمترین کارایی ممکن می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مهندسی ترافیک، حمل‌ونقل، مترو، ایستگاه‌های تقاطعی و پرتردد، تحلیل پوششی داده‌ها

۱. مقدمه

امروزه گسترش شهرنشینی و افزایش جمعیت، جابجایی شهروندان را در بسیاری از شهرهای دنیا با مشکل روبرو ساخته و کمبود ظرفیت شبکه معابر خیابانی و بزرگراهی در مقایسه با تقاضای حمل‌ونقل، گرایش به‌سوی حمل‌ونقل عمومی را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. اگر مشخصه‌های یک سیستم حمل‌ونقل شهری مناسب را سرعت، ایمنی، راحتی، هزینه مناسب و سازگاری با محیط‌زیست بدانیم، از دیدگاه برنامه‌ریزی کلان، سیستم حمل‌ونقل ریلی بیشترین انطباق را با مجموعه مشخصه‌های مذکور دارد (محمد کیان پور،۱۳۹۱).

حمل‌ونقل یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های جوامع امروزی به شمار می‌آید که به‌منظور رفع نیازهای اجتماعی و اقتصادی ایجاد شده است. الگوی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی یکی از الگوهای توسعه شهری است که بر محوریت حمل‌ونقل عمومی استوار است. سیستم حمل‌ونقل عمومی همانند اتوبوس، مترو و... باید به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی و طراحی شوند که امکان ایجاد فرصت‌های رشد آتی شهر در آنها دیده شود. شرایط مطلوب سرویس‌های خدماتی مانند وجود ایستگاه‌های قابل‌دسترس، پایانه‌های حمل‌ونقل و قیمت مناسب، موجب تمایل بیشتر مردم به استفاده از حمل‌ونقل عمومی است (ماهنامه اقتصادی کارایی، ۱۳۹٦).

ارزیابی عملکردی سیستم حمل‌ونقل عمومی امری ضروری برای درک کارایی برنامه‌های معمول و نیز طراحی برنامه‌ها برای بهبود آن است. اکثر شهرهای بزرگ دنیا در حال حاضر شاهدی بر رشد سریع در صنعت، زیرساخت، فعالیت‌های اقتصادی و جمعیت در چند دهه گذشته هستند که سبب افزایش جذابیت این شهرها برای متقاضیان کار گشته و افزایش مدهای شخصی را در پی داشته است. درنتیجه، شهرها در معرض افزایش تراکم ترافیکی و در پی آن تأخیر زیاد و آلودگی زیست‌محیطی هستند. به‌منظور پاسخ به تقاضای بالای حمل‌ونقل و فراهم کردن محیط زیستی پایدار نیاز به پیش‌بینی تسهیلات حمل‌ونقلی عمومی بهتری است. برای برآوردن تقاضای سیستم بهتر حمل‌ونقل عمومی، نیاز به ایجاد سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی جذاب، ایمن و با رضایت بالا است. با در نظر گرفتن این مسائل، نیاز به انجام یک ارزیابی کامل مدهای حمل‌ونقل عمومی لازم و ضروری است (Raoniar & Velmurugan.2012).

۲. بیان مسئله و اهداف پژوهش

یکی از نیازهای اولیهٔ انسانی که با توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی دامنهٔ گسترده‌تری پیدا کرده و امروز خود یکی از مظاهر تمدن به شمار می‌آید، مسئله حمل‌ونقل است (پهلوانی و دیگران، ۱۳۹۲). شبکه حمل‌ونقل عمومی عبارت است از خدمات حمل‌ونقل که در دسترس عموم قرار دارد. تفاوت خدمات حمل‌ونقل عمومی با روش‌هایی مانند تاکسی دربست، سفر اشتراکی و اتوبوس کرایه در این است که در این نوع خدمات، سفر به‌صورت اشتراکی توسط افرادی ناشناس بدون توافق قبلی انجام می‌شود. از وسایل حمل‌ونقل عمومی می‌توان به اتوبوس معمولی، اتوبوس برقی، تراموا و قطار شهری، حمل‌ونقل سریع (مترو) و قایق‌های مسافرتی اشاره کرد (منتظری و دیگران،۱۳۹۱).

مترو به‌عنوان کارآمدترین سیستم حمل‌ونقل انبوه درون‌شهری است که یکی از مهم‌ترین محاسن آن، جدا بودن مسیرش از سایر مسیرهای شهری است. به‌این‌ترتیب ترافیک مسافران مترو با ترافیک شهری گره نمی‌خورد و در حقیقت مترو باری را از دوش خیابان‌های شهر برمی‌دارد و به زیر زمین می‌برد .به دلیل حجم بالای مسافری که با مترو جابجا می‌شود، مترو پایه سیستم حمل‌ونقل شهری در شهرهای بزرگ است. در طی سال‌های گذشته ایجاد خطوط مترو در شهرهای جهان سرعت بیشتری گرفته است. این روزها در بسیاری از شهرهای جهان شهروندان سفر درون‌شهری خود را با هر وسیله‌ای که آغاز کنند، بالاخره حداقل در یک مسیر از مترو استفاده می‌کنند. در ایران نیز

توسعه مترو بهترین عرصه خدمت‌رسانی به مردم در عرصه حمل‌ونقل درون‌شهری است و به‌عنوان یک نماد توسعه و پیشرفت به‌حساب می‌آید و هر عملیاتی که برای احداث و بهره‌برداری از آن انجام می‌شود یک شاخص در میزان توسعه و پیشرفت کشور خواهد بود (همان منبع).

امروزه تمامی مدیران در همه سازمان‌ها، خواستار استفاده بهینه از امکانات و ظرفیت‌های موجود در بخش‌های مختلف می‌باشند؛ بنابراین وجود مدلی به‌منظور ارائه بازخورد در راستای بهبود عملکرد شعب مختلف سازمان‌ها و دستیابی به ابزاری جهت برآوردن این نیاز مدیران، بسیار ضروری و منطقی به نظر می‌رسد. در راستای ضرورت فوق در این تحقیق سعی و تلاش خواهد شد تا مدلی مناسب جهت ارزیابی عملکرد ایستگاه‌های مترو برای شناسایی ایستگاه‌های کارا و ناکارا جهت بهبود عملکرد ایستگاه‌های ناکارا و یا ایستگاه‌هایی که کارایی کمتری دارند و تقویت هر چه بیشتر این ایستگاه‌ها ارائه شود (سجادی و دیگران، ۱۳۹۵).

تحلیل پوششی داده‌ها روشی است مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی که برای ارزیابی کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدها که به آنها واحدهای تصمیم‌گیری DMU اطلاق می‌شود به کار می‌رود . رودز، کوپر و چارنز نخستین محققانی بودند که مفهوم DEA را در سال ۱۹۷۸ مطرح نمودند. آنها عنوان مدل اولیه خود را CCR نهادند. سپس در سال ۱۹۸٤ بنکر و همکارانش مدل دیگری را تحت عنوانBCC توسعه و بسط دادند و تاکنون تعداد بسیاری مدل‌های مختلف ارائه شده است. این مدل دارای قابلیت پشتیبانی از مسائل منعطف نیز بود. به دلیل سادگی، مدل DEA با استقبال واحدهای کاری و محققان آکادمیک روبه‌رو گردید (Charnes&, et al, 1978) .

ازاین‌رو ما نیز برای انجام این پژوهش، از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کرده‌ایم .ابتدا با استفاده از مرور ادبیات، مصاحبه با کارشناسان و خبرگان به شناسایی شاخص‌های مهم در رابطه با عملکرد ۳۳ ایستگاه‌های تقاطعی و پرتردد خطوط مترو تهران و حومه پرداخته و سپس با توجه به ورودی و خروجی‌های مشخص‌شده، مدل DEA مناسب تعیین می‌شود. داده‌های مربوطه و شاخص‌های ورودی و خروجی از شرکت مترو تهران و حومه گرفته شده و مدل با نرم‌افزار گمز (GAMZ) ارزیابی می‌گردد و درنهایت تحلیل بر روی خروجی‌های گمز صورت می‌گیرد تا خطوط کارا و ناکارا مشخص شوند.

۲-۱ اهداف پژوهش

۱- بررسی کارایی ایستگاه‌های تقاطعی و پرتردد خطوط مترو

۲- بررسی عملکرد هریک از ایستگاه‌های تقاطعی و پرتردد

۳- ارائه پیشنهاد برای بهبود خطوط ناکارا

۳. یافته‌های پژوهش

۳-۱ مدل SBM

تن یک روش اندازه‌گیری اساسی را به نام SBM را پیشنهاد داده که مدل DEA غیرخطی غیر شعاعی است (zhou- et al.2013). این مدل کارایی شعاعی را محاسبه نکرده و مانند مدل جمعی کارایی را با استفاده از متغیرهای کمکی حساب می‌کند (emrouznejad;et al;2010).

$$min\rho = \frac{1-\frac{1}{m}\sum_i m=1\frac{\mathcal{S}i}{xi\mathcal{O}}}{1+\frac{1}{\mathcal{S}}\sum_r \mathcal{S}=1\frac{\mathcal{S}r+}{\mathcal{Y}i\mathcal{O}}}$$

$$\mathcal{S}\cdot t\cdot(x+a)^n=\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}x^k a^{n-k}\gamma_j^r-\mathcal{S}_r^+$$

$$=\Upsilon_{r\mathcal{O}:r=}1,\ \cdots,\ \mathcal{S}$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_1\gamma ij_-+\mathcal{S}_i^-=\mathcal{X}i\mathcal{O}:i=1,\ \cdots,\ m$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_1=1$$

$$\mathcal{S}_r^+\cdot\mathcal{S}_i^-\geq\mathcal{O}:\ r=1\ ,\ \mathcal{S}\ \ \&\ \ i\ ,\ \cdots m$$

$$\lambda_j\geq\mathcal{O}:\quad ,\ \cdots,\ \mathrm{n}$$

بنابراین داریم $Z_{\mathcal{K}}^{\cdot} = \mathrm{t}Z_{\mathcal{K}\cdot\, s_{n=}^{-}}\ \mathrm{t}s_{n}^{-}\ \cdot\ s_{m=}^{+}s_{m}^{+}$

$$\rho^{*} = min\frac{1-\frac{1}{\mathcal{N}}\sum_{n=1}^{\mathcal{N}} s_{n}^{-} / xm\mathcal{O}}{1+\frac{1}{m}\sum_{m=1}^{m} s_{m}^{+} / y_{m\mathcal{O}}}$$

$$s\cdot t\cdot \sum_{\mathcal{K}=1}^{\mathcal{K}} Z_{\mathcal{K}x_{n\mathcal{K}}} + s_{n}^{-} = xn\mathcal{O}\cdot \qquad n = 1,\ 2,\ \cdots,\ \mathcal{N}$$

$$\sum_{\mathcal{K}=1}^{\mathcal{K}} Z_{\mathcal{K}y_{m\mathcal{K}}} - s_{m}^{+} = y_{m\mathcal{O}}\cdot \qquad m = 1,\ 2,\ \cdots,\ \mathcal{M}$$

$$\sum_{k=1}^{\mathcal{K}} Z_{\mathcal{K}u_{j\mathcal{K}=\lambda}} * u_{j\mathcal{O}} \qquad j = 1.2\cdots,\ \mathcal{J}$$

$$Z_{\mathcal{K}\geq}\mathcal{O}\cdot \quad \mathcal{K}=1,\ 2,\ \cdots,\ \mathcal{K}:\ \ s_{n}^{-}\cdot s_{m}^{+} \geq \mathcal{O}\cdot$$

این مدل یک مشکل برنامه‌ریزی خطی دارد که می‌تواند به برخی مشکلات محاسباتی منجر شود ما می‌توانیم آن را به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی معادل با استفاده از تئوری تبدیل Charnes-cooper بررسی کنیم.

اگر $z_{\mathcal{K}}^{\mathrm{t}} = \mathrm{t}_{Z}{}^{\mathcal{K}_{i}}\ S_{n}^{-} = \mathrm{t}s_{n}^{-}\ s\ {}_{m}^{+} = \mathrm{t}s_{m}^{+}$ بنابراین داریم:

$$\rho^{*} = min\{\mathrm{t} - \frac{1}{\mathcal{N}}\sum_{n=1}^{n} s_{n}^{-} / X_{n\mathcal{O}}$$

$$s\cdot \mathrm{t}\sum_{\mathcal{K}=1}^{\mathcal{K}} Z_{\mathcal{K}}^{\cdot}\, X n_{\mathcal{K}+s_{n}^{-}} = \mathrm{t}_{xn\mathcal{O}}\ , \quad n = 1,\ 2,\ \cdots,\ \mathcal{N}$$

$$\sum_{\mathcal{K}=1}^{\mathcal{K}} Z\mathcal{K}_{y_{m\mathcal{K}}} - s_{m}^{+} = \mathrm{t}_{xn\mathcal{O}}\ , \quad n = 1,\ 2,\ \cdots,\ m$$

$$\sum_{\mathcal{K}=1}^{\mathcal{K}} Z_{\mathcal{K}}^{\cdot} u_{j\mathcal{K}} = \mathrm{t}\lambda v_{j\mathcal{O}}\ , \quad\ \ , \quad j = 1,\ 2,\ \cdots,\ j$$

$$\mathrm{t} + \frac{1}{m}\sum_{m=1}^{\mathcal{M}} s_{m}^{+} / y_{m\mathcal{O}} = 1$$

$$Z_{\mathcal{K}}^{\cdot} \geq \mathcal{O},\quad \mathcal{K}=1,\ 2,\ \cdots,\ \mathcal{K}:\quad s_{n}^{-},\ s_{m}^{+} \geq \mathcal{O}$$

درنتیجه ما می‌توانیم به‌راحتی SBEI را برای مدل‌سازی عملکرد اقتصادی – محیطی DMU با حل این مدل زیر به دست آوریم.

$$SBEI_{1} = \lambda^{*} \times \rho^{*}$$

۳-۲ متغیرها و شاخص‌های پژوهش

با توجه به شاخص‌های گردآوری‌شده از مقالات و همچنین شاخص‌های معرفی‌شده از کارشناسان خبره شرکت بهره‌برداری مترو تهران و حومه تعداد هفت شاخص برحسب ماهیت به‌عنوان ورودی و خروجی‌های مدل انتخاب شدند که عبارت‌اند از:

متغیرهای ورودی: ۱-تعداد نیروی انسانی (X1)، ۲-هزینه پرسنلی (X2)، ۳- سهم هر ایستگاه از قطارهای واردشده (X3)

متغیرهای خروجی: ۱- تعداد مسافر جابجا شده (Y1)، ۲- درآمد ایستگاه (Y2)، ۳- هدوی (U1)، ٤- حوادث (U2)

۳-۳ معرفی شاخص‌های استاندارد SBEI

جدول ۱. شاخص‌های استاندارد SBEI

DMU	λ	*P*	SBEI
بهشتی	۱/۹۱۱	۰/٤٤٤	۰/۸٤۸
هفت تیر	۱/۳۹۷	۰/٦۸۸	۰/۹٤۸
دروازه دولت	۱/۱۹۱	۰/٦٥۱	۰/۷۷٥
امام خمینی	۱	۱	۱
محمدیه	۱/٤۱۷	۰/٦۹٤	۰/۹۸۳

DMU	λ	*P*	SBEI
امام حسین	۱/۸۰۱	۰/٤۲۲	۰/۷٦۰
دروازه شمیران	۲/۰٥٤	۰/٤۳۰	۰/۸۸۳
نواب	۱/۳۰۲	۰/٦٦٤	۰/۸٦٤
شادمان	۱	۱	۱
صادقیه	۱	۱	۱
ارم سبز	۱/٥٦۹	۰/٦۳۰	۰/۹۸۸
ولیعصر	۲/٤۳۷	۰/٤٤۳	۱/٥۲۲
تئاتر شهر	۱	۱	۱
مهدیه	۱۰۷/۷۱۲	۰/۰۰۰۰۰٥۳۹۸٥۲۰	۰/۰۰۰٥۸۱٤
شهدا	۱/٤۰۹	۰/۷۲۳	۱/۰۱۸
توحید	۱/۸۲٤	۰/٦۱۳	۱/۱۱۸
مدرس	۱	۱	۱
۱۷ شهریور	۱	۱	۱
تجریش	۱/۱۸۹	۰/٦٥۰	۰/۷۷۲
مصلی	۱/٦۷۱	۰/٦۳۰	۱/۰٥۲
سعدی	۱/۲٦۱	۰/٦۸٥	۰/۸٦۳
۱٥ خرداد	۱/۰٦۱	۰/۸۱٦	۰/۸٦٥
ترمینال جنوب	۱/۱۹٤	۰/٦٤٥	۰/۷۷۰
شهرری	۱/۱۲٦	۰/۷۷۳	۰/۸۷۰
فرهنگسرا	۱/۲٤۰	۰/٦٦٥	۰/۸۲٤
سرسبز	۱/٦۰٦	۰/٦٦۳	۱/۰٦٤
سبلان	۱/۳۲٦	۰/٦۹۳	۰/۹۱۸
حسن‌آباد	۱	۱	۱
فردوسی	۱/۳۳۸	۰/٦۷٥	۰/۹۰۳
انقلاب	۱/۲۳۰	۰/۷۹۲	۰/۹۷٤
آزادی	۱	۱	۱
کرج	۱/۲۰۱	۰/٦۸۳	۰/۸۲۰
گلشهر	۱/۱٥۳	۰/٦۹۳	۰/۷۹۹

٤. تحلیل داده‌ها

٤-١ شاخص‌های استاندارد SBEI

جدول ١ نشان می‌دهد که ٢٠ DMU ناکارا هستند و طبقه‌بندی DMU های ناکارآمد بر اساس نتایج SBEI را نشان می‌دهد.

١- ایستگاه‌های امام خمینی، شادمان، صادقیه، تئاتر شهر، مدرس، ١٧ شهریور، حسن‌آباد، آزادی دارای کارایی ١٠٠٪ می‌باشند.

٢- ایستگاه‌های ولی‌عصر، شهدا، توحید، مصلی، سرسبز قبل از ادغام با SBEI ناکارا تشخیص داده شده‌اند اما با سازش SBEI تبدیل به کارا شده‌اند.

٣- همان‌طور که در جدول فوق بیان‌شده است برخی از ایستگاه‌ها مانند: هفت تیر، محمدیه، ارم سبز، سبلان، فردوسی، انقلاب دارای کارایی متوسطی برخوردار بوده‌اند؛ اما در اثر ادغام با SBEI به کارایی نزدیک به یک رسیده‌اند؛ و همچنین ایستگاه‌های بهشتی، دروازه دولت، امام حسین، شمیران، نواب، تجریش، سعدی، ١٥ خرداد، ترمینال جنوب، شهرری، فرهنگسرا، کرج و گلشهر قبلاً ناکارا بوده‌اند ولی باز هم با ادغام SBEI هنوز به مرز کارایی نرسیده‌اند و برای بهبود کارایی ایستگاه‌ها باید λ آنها کاهش‌یافته و P آنها افزایش پیدا کند.

λ که همان (هدوی و حوادث) می‌باشند برای بهبود آنها پیشنهاداتی را ذکر می‌کنیم:

برای بهبود هدوی اولین راه پیشنهادی می‌تواند افزایش تعداد قطارها و رساندن سرفاصله قطارها به سرفاصله طراحی باشد. این فاصله در خطوط مترو تهران دو دقیقه و در خط تهران کرج، پنج دقیقه است. در حال حاضر راه‌های زیادی وجود دارد که سرفاصله‌های قطارهای مترو به این اعداد برسند اما در این سال‌ها، همواره قطارهای جدید به خطوط تزریق شده و لذا امیدواریم این روند با سرعت بیشتری ادامه یابد.

راه دوم که می‌توان در برنامه‌های توسعه شرکت مترو قرار داد و نسبتاً زمان‌برتر و هزینه برتر از دیگر روش‌ها است، اجرای کامل ایستگاه‌های تقاطعی است که در برنامه اولیه بوده است اما به هر دلیلی حذف شده است. کامل نمودن خطوط طراحی‌شده به‌وسیله شرکت سوفرتو یعنی ساخت خطوط ٨ و ٩ مترو که همچون یک رینگ، تمام ٩ ناحیه جغرافیایی مترو را به هم متصل می‌کنند ازجمله این راه‌حل‌ها است. به دلیل جمعیت شناور تهران، احداث جایگزین برای خطوط ٨ و ٩، چون مونوریل، B.R.T و یا تراموا، دردی از دردهای شبکه مترو حل نخواهد کرد. خطوط ٨ و ٩ بهتر است به‌صورت مترو ساخته شوند تا جوابگوی تقاضای روزافزون مسافران باشند.

راه سوم و چهارم بسیار به هم نزدیک و انعطاف‌پذیر هستند و با همین تعداد قطار و یا حتی با اضافه کردن چند قطار دیگر می‌توان هرکدام را اجرایی کرد.

یکی از آن‌ها، اعزام قطارهای خالی از مسافر از ابتدای خط به بخش میانی خطوط است. بدین ترتیب که در ابتدای بخش‌های میانی خطوط، قطارها مسافرگیری را آغاز کنند. این طرح کمی شبیه قطارهای سریع‌السیر خط تهران کرج است. در خط تهران کرج، قطارهای سریع‌السیر تنها در ایستگاه‌های خاصی توقف خواهند داشت و بنابراین تأخیر در این طرح بسیار کم خواهد بود و آخرین راه پیشنهادی، راه جالب و البته قدیمی است که در برخی شهرهای توسعه‌یافته اجرا می‌شده است. نمونه این طرح در مترو شیکاگو از سال‌ها پیش انجام می‌شده که در این طرح، تمامی ایستگاه‌ها شماره‌گذاری می‌شوند. تمام قطارها نیز شماره‌گذاری می‌شوند تمامی قطارهای زوج در ایستگاه‌های زوج و قطارهای فرد در ایستگاه‌های فرد توقف می‌کرد. امروزه از این شیوه مدیریتی، در بسیاری از خطوط مترو، B.R.T، تراموا و دیگر سامانه‌های حمل‌ونقلی در سراسر جهان استفاده می‌شود.

برای بهبود حوادث پیشنهادات زیر را ذکر می‌کنیم:

١- نصب دوربین در ایستگاه

۲- نصب درهای محافظ لبه سکو (PSD)

۳- عدم یکسان بودن سکو و ارتفاع قطار و فاصله (GAP) بین سکو و قطار

٤- تعبیه هواکش جهت ایجاد گردش هوا در زیرزمین در ابتدا، انتها و قسمت میانی هر ایستگاه و ایمنی سکو

۵- وجود تجهیزات آتش‌نشانی کافی در ایستگاه‌ها

٦- خروجی و راه‌های گریز مشخص برای همه

۷- دارا بودن سیستم کنترل هوشمند برق و سایر تأسیسات

۸- نصب تابلوهای هشداردهنده و اعلام زمان‌بندی فواصل قطار

۹- استفاده از مانیتورهای روی سکو روبروی مسافران برای هشدار مسافران در زمینه ورود قطار

۱۰- استقرار یک نفر از نیروی انسانی در حوزه ایمنی در ایستگاه‌ها

P که همان (درآمد و جابجایی مسافر) می‌باشند. (برای کارایی ایستگاه‌ها پیشنهاداتی را ذکر می‌کنیم):

با توجه به جدول ۱ ایستگاه‌های هفت تیر، محمدیه، ارم سبز، سبلان، فردوسی، انقلاب، بهشتی، دروازه دولت، امام حسین، دروازه شمیران، نواب، تجریش، سعدی، ۱۵ خرداد، ترمینال جنوب، شهرری، فرهنگسرا، کرج و گلشهر با داشتن این عوامل و همچنین پایانه اتوبوس، پایانه تاکسی، تابلو هنری، پلان تبلیغات، نمایشگر اعتبار بلیت، صدور بلیت، دوچرخه، ماشین بلیت، مانیتور تبلیغاتی، خانه فرهنگ، پارکینگ عمومی، بانک، تلفن کارت، غرفه تجاری، فروشگاه مجازی، کافی‌شاپ، فست فود باعث افزایش P درنتیجه کارا شدن ایستگاه‌ها خواهد شد.

۵. نتیجه‌گیری

جدول ۲. رتبه‌بندی ایستگاه‌ها

ایستگاه	کارایی	رتبه	ایستگاه	کارایی	رتبه	ایستگاه	کارایی	رتبه
امام خمینی	۱/۰۰۰	۱	میدان شهدا	۰,۷۲۳	۵	دروازه دولت	۰,٦۵۱	۱۵
صادقیه	۱/۰۰۰	۱	محمدیه	۰,٦۹٤	٦	تجریش	۰,٦۵۰	۱٦
شادمان	۱/۰۰۰	۱	گلشهر	۰,٦۹۳	۷	ترمینال جنوب	۰,٦٤۵	۱۷
تئاتر شهر	۱/۰۰۰	۱	سبلان	۰,٦۹۳	۷	مصلی	۰,٦۳۰	۱۸
میدان آزادی	۱/۰۰۰	۱	هفت تیر	۰,٦۸۸	۸	ارم سبز	۰,٦۳۰	۱۸
حسن آباد	۱/۰۰۰	۱	سعدی	۰,٦۸۵	۹	توحید	۰,٦۱۳	۱۹
۱۷ شهریور	۱/۰۰۰	۱	کرج	۰,٦۸۳	۱۰	شهید بهشتی	۰,٤٤٤	۲۰
تربیت مدرس	۱/۰۰۰	۱	فردوسی	۰,٦۷۵	۱۱	میدان ولیعصر	۰,٤٤۳	۲۱
۱۵ خرداد	۰,۸۱٦	۲	فرهنگسرا	۰,٦٦۵	۱۲	امام حسین	۰,٤٤۲	۲۲
میدان انقلاب	۰,۷۹۲	۳	نواب صفوی	۰,٦٦٤	۱۳	دروازه شمیران	۰,٤۳۰	۲۳
شهرری	۰,۷۷۳	٤	سرسبز	۰,٦٦۳	۱٤	مهدیه	۰/۰۰۰۰۵۳۹۸۵	۲٤

٦. منابع

- محمد کیان پور.۱۳۹۱. مقاله طراحی سیستم ارزیابی سیاست‌های توسعه شهری حمل‌ونقل محور با اتکا و مدل‌های یکپارچه شهری. دوازدهمین کنفرانس حمل‌ونقل ترافیک.

- ماهنامه اقتصادی کارایی. ۱۳۹۱. صفحه ۱۰.

- دکتر سید جعفر سجادی و همکارانش.۱۳۹۵. مقاله ارزیابی کارایی و رتبه‌بندی ایستگاه‌های مترو تهران و حومه با استفاده از DEA.

- دکتر محمد منتظری.۱۳۹۱. مقاله آثار اقتصادی، اجتماعی شرکت بهره‌برداری مترو تهران و حومه. سیزدهمین همایش حمل‌ونقل ریلی.

- مصیب پهلوانی و همکاران. فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی. تابستان ۱۳۹۳. شماره ١٦.

- Raoniar, R., A.M. Rao, and S. Velmurugan, Public Transport Performance Evaluation Techniques-A Review.

- Emrouznejad, A., Anouze, A. L., & Thanassoulis, E. (2010). A semi-oriented radial measure for measuring the efficiency of decision making units with negative data, using DEA.

- Zhou, Y., Liang, D., & Xing, X. (2012). Environmental efficiency of industrial sectors in China :
An improved weighted SBM model. Mathematical and Computer Modelling.

- Charnes&, et al, 1978.for Titie of assessment of academic achievent of American national school student.