



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری  
سال دهم / شماره چهل‌ام / زمستان ۱۴۰۰

## رابطه بین سرمایه‌گذاری مالی و شاخص بهره‌وری مالیم کوئیسیت بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها در ساختار شبکه‌ای (مطالعه موردی: ایستگاه‌های مترو تهران)

علی محمد قلبیها

گروه مدیریت صنعتی، واحد امارات، دانشگاه آزاد اسلامی

فرهاد حسین زاده لطفی

گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)  
farhad@hosseinzadeh.ir

محمد رضا شهریاری

گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محسن واعظ قاسمی

گروه ریاضی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۰

### چکیده

ارزیابی ایستگاه‌های مترو تهران بر اساس شاخص‌های چندگانه در این مقاله مورد مطالعه بوده است. ایستگاه‌های مترو همیشه به عنوان یکی از مراکز خدماتی مورد توجه بوده است. با توجه به اینکه در طراحی و ساخت ایستگاه مترو توجه به ایجاد زیرساخت‌ها و امکانات و تجهیزات مورد توجه است و پس از آن بخش بهره‌برداری از آن برای اول خدمات استفاده می‌کند، لذا دارای دو مرحله ساخت و بهره‌برداری است. تحلیل پوششی داده‌ها با ساختار دو مرحله‌ای برای این موضوع طراحی شده است. داده‌ها در پنج سال جمع‌آوری گردید و بر اساس آن ۷۱ ایستگاه مترو تهران مورد حمله قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از اجرای مدل طراحی شده پیشرفت و پسرفت تمام ایستگاه‌ها در هر مرحله محاسبه گردید و رابطه آن با سرمایه‌گذاری مالی در هر ایستگاه مترو مورد بررسی قرار گرفت. تعیین رابطه سرمایه‌گذاری مالی و بهره‌وری هر ایستگاه در تعیین میزان سرمایه‌گذاری‌های آتی در هر ایستگاه مترو مثر ثمر باشد.

**واژه‌های کلیدی:** سرمایه‌گذاری مالی، تحلیل پوششی داده‌ها، ساختار دو مرحله‌ای، پیشرفت و پسرفت، ایستگاه مترو.

## ۱- مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها تکنیک برای ارزیابی عملکرد مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده با چندین ورودی و خروجی می‌باشد. بر این اساس این تکنیک مرز کالایی را به کمک مشاهدات می‌سازد و عملکرد هر واحد را با مقایسه با مرز کارهای محاسبه می‌کند. به کمک این مقایسه مقیاسی به عنوان کارهای نسبی و هم‌چنین میزان بهبود برای هر یک از واحدهای تصمیم‌گیرنده را ارائه می‌کند (چارنز و همکاران ۱۹۷۸). بنکر و همکاران (۱۹۸۴) مدل شعاعی بر مبنای فرض بازده به مقیاس متغیر را در تحلیل پوششی داده‌ها پیشنهاد کردند.

فار و گراسکف (۱۹۹۶ و ۲۰۰۰) برای تصمیم‌گیری بهتر توسط مدیران تصمیم‌گیرنده در هر سازمان، علاوه بر ورودی‌ها و خروجی‌های معمول ساختارهای درونی هر واحد تصمیم‌گیرنده را در خلال مدلسازی برای تعیین کارایی و الگو در نظر گرفتند. کائو و هوانگ (۲۰۰۸) مقدار کارایی در حالت دو مرحله‌ای ساده بر حسب کارایی زیر مرحله‌ها تجزیه کردند و فرم مضربی مدل شبکه در تحلیل پوششی داده‌ها را توسعه دادند. لیانگ و همکاران (۲۰۰۸) مدل‌های متمرکز و غیرمتمرکز شبکه تحلیل پوششی داده‌ها را در ساختار شبکه دو مرحله‌ای توسعه دادند. در حالت کلی مدل‌های شبکه در تحلیل پوششی داده‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول بر اساس کارایی نسبی (فرم مضربی) و دسته دیگر بر اساس مجموعه امکان تولید (فرم پوششی) طبقه‌بندی می‌شوند. این در حالی است که رابطه بین فرم مضربی و پوششی که در تحلیل پوششی داده‌ها مرسوم به عنوان مدل‌های اولیه و ثانویه برقرار است در شبکه تحلیل پوششی داده‌های لزوماً برقرار نیست (چن و همکاران ۲۰۱۳). بنابراین اگرچه مجموعه امکان تولید می‌تواند در مورد سیستم شبکه گسترش می‌یابد (چن و ژو ۲۰۱۸، کائو ۲۰۱۸، تن و همکاران ۲۰۰۹)، مساله ثانویه شبکه تحلیل پوششی داده‌ها به همراه مجموعه امکان تولید گسترش یافته، فرم مضربی شبکه تحلیل پوششی داده‌ها نیست (چن و همکاران ۲۰۱۳). لذا، چگونگی بدست آوردن الگو در روی مرز و نقاط مرجع از مدل‌های شبکه در فرم مضربی به عنوان یک مساله هم‌چنان باقی مانده است. باید توجه داشت مدل‌های شبکه در تحلیل پوششی داده‌ها در فرم پوششی معمولاً خطی و یا قابل تبدیل به مساله برنامه‌ریزی خطی هستند. همانند مدل‌های مضربی در تحلیل پوششی داده‌ها، فرم مضربی شبکه تحلیل پوششی داده‌ها در ساختار دو مرحله‌ای خطی است، اگر هنگامی که یکی از مراحل ورودی اضافه‌داسته باشد یا در حالتی که شبکه دارای ساختار سه مرحله‌ای باشد مدل‌های غیر خطی ظاهر می‌شوند. به همین ترتیب بدست آوردن یک جواب بهینه سراسری در شبکه تحلیل پوششی داده‌ها در فرم مضربی در حالت کلی کار مشکلی است. از دیگر تحقیقات در این زمینه می‌توان به لی و همکاران (۲۰۱۲) و گو و همکاران (۲۰۱۷) اشاره کرد.

سیستم‌های حمل و نقل ترکیبی، سیستم‌هایی هستند که در آن‌ها از دو یا چند مدل برای حمل و نقل و سفر استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از آن می‌توان به ترکیب مترو با اتوبوس و یا ایجاد پارک سوار در مجاورت ایستگاه و تشویق مسافران به استفاده از سیستم‌های حمل و نقل عمومی مترو اشاره کرد. چندین دهه است که در کشورهای مختلف به مساله هماهنگ‌سازی حمل و نقل توجه شده است. اولین سیستم یکپارچه شهری در

آلمان (هامبورگ) در سال ۱۹۶۵ تحت عنوان فدراسیون حمل و نقل همگانی هامبورگ راه اندازی شد. در لندن بیش از ۳۵ سال است که شهرداری شهر لندن هماهنگ سازی حمل و نقل را انجام می دهد. سیستم حمل و نقل در کانادا (تورنتو) در سال ۱۹۵۴ به طور یکپارچه طراحی شده اند (دفتر حمل و نقل از دبیرخانه شورای ترافیک (۱۳۸۶).

از طرفی پس از راه اندازی هر سیستم جهت اطمینان از نوع عملکرد آن، ارزیابی عملکرد سیستم و مقایسه آن با حالت مطلوب ضرورت داشته و استفاده از روشهای تصمیم گیری و محاسبه پارامترهای مختلف موثر بر عملکرد یک سیستم باعث سنجش عملکرد سیستم با توجه به اهداف مد نظر سیستم و با در نظر گرفتن تمام شاخصهای موثر خواهد شد. لذا بر این اساس مساله ارزیابی ایستگاه های مترو با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها مورد توجه کارشناسان و مدیران حوزه حمل و نقل عمومی قرار گرفت. یو و لین (۲۰۰۸) بر اساس تحلیل پوششی داده ها و در نظر گرفتن ساختار فنی راه آهن های بین المللی در حالت شبکه ای کارایی و اثر بخشی را محاسبه کردند. جیانگ (۲۰۰۹)، کارایی سیستم های حمل و نقل را با در نظر گرفتن بازدهی حمل و نقل به عنوان خروجی محاسبه کردند. لیپنگ (۲۰۱۰) با در نظر گرفتن شاخص های ورودی و خروجی از منظر اقتصادی عملکرد راه آهن های مختلف را مورد بررسی قرار داد. در جمهوری اسلامی ایران نیز تحقیقات مختلفی در این حوزه انجام شده است، که می توان به موحدی (۲۰۰۹) اشاره کرد و بر اساس آن کارایی و رتبه بندی راه آهن با استفاده از تحلیل پوششی داده ها پیشنهاد شد.

یکی از ابزارهای تصمیم گیری میزان پیشرفت و پسرفت واحدها در طی یک دوره ارزیابی است، که می تواند روند حرکتی واحد تصمیم گیرنده را بر اساس تغییرات شاخص ها بیان می کند. پیشرفت یا پسرفت حاصل مقایسه رشد واحد تصمیم گیرنده تحت ارزیابی با رشد جامعه مورد بحث می باشد. این شاخص توسط کاو و همکاران (۱۹۸۲) بوسیله تابع فاصله و میانگین هندسی دو دوره متوالی برای اندازه رشد بهره وری مورد استفاده قرار گرفت. بعد از آن فار و همکاران (۱۹۹۴) این شاخص را بر اساس میانگین هندسی تغییرات کارایی و تغییرات مرز کارایی در غالب تحلیل پوششی داده ها معرفی کردند. کامانو و همکاران (۲۰۰۵) این شاخص را در حالت گروهی توسعه دادند. از دیگر تحقیقات در این زمینه میتوان به (فار و همکاران ۲۰۰۱، باروش ۲۰۰۸، کومار و همکاران ۲۰۰۶، مالبرگ و همکاران ۲۰۱۱) اشاره کرد.

سازمان هایی که با دنیای سرمایه گذاری سروکار دارند، برای انتخاب محل مناسب برای سرمایه گذاری موارد زیادی را مورد بررسی قرار می دهند (امیرحسینی و همکاران ۱۳۹۴). یکی از مهم ترین موارد «بازده سرمایه گذاری» است. سرمایه گذاران نه تنها برای ارزیابی چگونگی عملکرد سرمایه گذاری شان، بلکه برای مقایسه عملکرد سرمایه گذاری های مختلف در انواع و اندازه های متفاوت هم به این مفهوم توجه می کنند. بهتر است به این موضوع توجه شود که بازده سرمایه گذاری لزوماً همان سود نیست. به عنوان مثال بازده سرمایه گذاری می تواند بر مبنای توسعه پایدار تعریف شود (قدمی و همکاران ۱۳۹۷).

بر این اساس میزان پیشرفت و پسرفت ایستگاه مترو مورد توجه این تحقیق قرار گرفت و بر همین اساس ۷۱ ایستگاه مترو تهران مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نوآوری این تحقیق تفکیک پیشرفت و پسرفت در حوزه

ایجاد زیر ساخت و بهره برداری ایستگاه های مترو با طراحی دو مرحله ای تحلیل پوششی داده ها و همچنین بررسی رابطه بین سرمایه گذاری مالی و پیشرفت و پسرفت هر ایستگاه مترو است. ساختار این مقاله به شرح ذیل است.

در بخش دوم مفاهیم اولیه تحلیل پوششی داده ها با ساختار دو مرحله مورد بحث قرار می‌گیرد. مدل سازی برای محاسبه پیشرفت و یا پسرفت در تحلیل پوششی داده ها و معرفی داده ها در بخش سوم ارائه گردید. در بخش چهارم اجرای مدل و تحلیل نتایج و در پایان نتیجه گیری و پیشنهادات در بخش پنجم ارائه شده است.

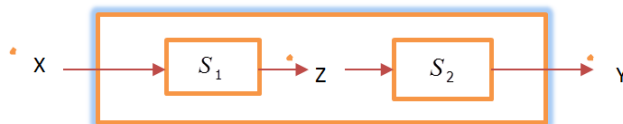
## ۲- تحلیل پوششی داده ها

فرض کنیم  $n$  واحد تصمیم گیرنده موجود است که هر واحد تصمیم گیرنده از  $m$  ورودی مختلف به صورت  $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj})^t$  برای تولید  $s$  خروجی مختلف به صورت  $Y_j = (y_{1j}, \dots, y_{sj})^t$  استفاده می کند که کارایی نسبی  $DMU_p$  از مدل ذیل به دست می آید:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \theta_p = UY_p \\ \text{s.t.} \quad & UY_j - VX_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ & VX_p = 1, \\ & U \geq 1\varepsilon, V \geq 1\varepsilon. \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن بردار  $U$  و  $V$  به ترتیب بردارهای وزن متناظر خروجی و ورودی است. مقدار  $\theta_p^*$  کارایی نسبی  $DMU_p$  است. اگر  $\theta_p^* = 1$  آنگاه  $DMU_p$  را کارایی نسبی و در غیر این صورت ( $\theta_p^* < 1$ ) آنگاه  $DMU_p$  ناکارا نامند.

در مدل (۱) فرض بر این است که فرایند تولید  $Y$  در طی یک مرحله انجام می‌پذیرد. این در حالی است که البته مسائل حقیقی فرایند تولید چند مرحله‌ای است و لازم است برای شناسایی دقیق تر سیستم و معرفی الگوهای بهبود، ساختار چند مرحله ای مورد تحقیق قرار گیرد. این موضوع در شکل ذیل نشان داده شده است.



شکل ۱. ساختار دو مرحله ای

در این ساختار ابتدا به کمک بردار ورودی  $X$  تولید میانی  $Z$  به دست می‌آید، که به سیستم به کمک تولید میانی  $Z$  در مرحله دوم خروجی نهایی  $Y$  را تولید میکند. مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ساختار دو مرحله جهت محاسبه کارایی نسبی به شرح ذیل است (کائو و هوانگ (۲۰۰۹)):

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \theta_p = UY_p \\ \text{s.t.} \quad & WZ_j - VX_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ & UY_j - WZ_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ & VX_p = 1, \\ & U \geq 1\varepsilon, V \geq 1\varepsilon, W \geq 1\varepsilon. \end{aligned} \quad (2)$$

اگر  $(U^*, V^*, W^*)$  جواب بهین (۲) باشد، در این صورت کارایی کل، مرحله اول و دوم از روابط ذیل به دست می‌آید.

$$\begin{aligned} \text{DMU}_p \text{ کارایی مرحله اول} = \theta_p^{1*} &= \frac{W^* Z_p}{V^* X_p} \\ \text{DMU}_p \text{ کارایی مرحله دوم} = \theta_p^{2*} &= \frac{U^* Y_p}{W^* Z_p} \\ \text{DMU}_p \text{ کارایی کل} = \theta_p^* &= \frac{U^* Y_p}{V^* X_p} \end{aligned} \quad (3)$$

بدیهی است اگر جواب بهینه مدل (۲) منحصر به فرد باشد، در این صورت کارایی مرحله اول و دوم به کمک روابط (۳) به صورت منحصر به فرد به دست می‌آید اما اگر مدل (۲) دارای جواب منحصر به فرد نباشد در این صورت مقادیر کارایی مراحل اول و دوم می‌تواند مقادیر مختلفی هم داشته باشد. برای رفع این مشکل فرض کنید مرحله اول رهبر و مرحله دوم پیش رو باشد در این صورت بیشترین مقدار کارایی مرحله اول از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \theta^{1-\text{Max}}_p = WZ_p \\ \text{s.t.} \quad & WZ_j - VX_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ & UY_j - WZ_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ & VX_p = 1, \\ & UY_p = \theta^*_p \\ & U \geq 1\varepsilon, V \geq 1\varepsilon, W \geq 1\varepsilon. \end{aligned} \quad (4)$$

با توجه به این که حاصلضرب کارایی مرحله اول و دوم کارایی کل را می دهد لذا کمترین مقدار کارهای مرحله دوم را می توان از رابطه زیر به دست آورد.

$$\theta_p^{2-\text{Min}} = \frac{\theta_p^{1-\text{Max}}}{\theta_p^*} \quad (5)$$

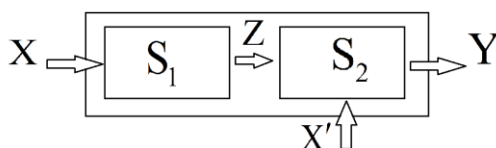
به همین ترتیب می توان ماکزیمم کارایی مرحله دوم و مینیوموم کارایی مرحله اول را هم به دست آورد. از این رو بازه کارایی مرحله اول و دوم را می توان به صورت زیر محاسبه نمود.

$$\begin{aligned} \text{کارایی مرحله اول} &\in [\theta_p^{1-\text{Min}}, \theta_p^{1-\text{Max}}] \\ \text{کارایی مرحله دوم} &\in [\theta_p^{2-\text{Min}}, \theta_p^{2-\text{Max}}] \end{aligned} \quad (6)$$

با توجه به روابط (6) می توان در مورد عملکرد مولفه های  $DMU_p$  تصمیم گیری نمود. بدیهی است اگر  $\theta_p^{1-\text{Max}} < 1$  آنگاه مرحله اول قطعاً ناکاراست و همچنین اگر  $\theta_p^{2-\text{Max}} < 1$  آنگاه مرحله دوم قطعاً ناکاراست و اگر  $\theta_p^{1-\text{Min}} = 1$  آنگاه مرحله اول قطعاً کاراست و همچنین اگر  $\theta_p^{2-\text{Min}} = 1$  آنگاه مرحله دوم قطعاً کاراست.

### ۳- مدلسازی

در این بخش شاخص بهره وری مالِم کوئیست ۷۱ ایستگاه مترو بر اساس ساختار دو مرحله ای مدلسازی شده و محاسبه می گردد. برای رسیدن به این هدف فرض کنید یک ساختار دو مرحله ای به شکل زیر موجود است.



شکل ۲: ساختار دو مرحله ای با ورودی اضافی در مرحله دوم

در این ساختار  $X$  ورودی مرحله اول و  $Z$  حاصل از پردازش روی  $X$  است. در مرحله  $Z$  و  $X'$  به عنوان ورودی و  $Y$  به عنوان خروجی نهایی است. کارایی  $DMU_p$  از حل مدل زیر بدست می آید.

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & \theta_a = UY_p \\
 \text{s.t.} \quad & WZ_j - VX_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\
 & UY_j - WZ_j - V'X'_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\
 & VX_p = 1, \\
 & U \geq 1\epsilon, V \geq 1\epsilon, V' \geq 1\epsilon, W \geq 1\epsilon.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

شاخص بهره وری هر DMU از رابطه زیر بدست می آید.

$$\text{MPI} = \frac{\Delta E}{\Delta T}
 \tag{8}$$

که در آن  $\Delta E$  تغییرات کارایی DMU و  $\Delta T$  تغییرات تکنولوژی است. فرض کنید هر واحد تصمیم گیرنده در دو مقطع زمانی فعالیت داشته است،  $(X_j^t, X_j^t, Z_j^t, Y_j^t)$  و  $(X_j^{t+1}, X_j^{t+1}, Z_j^{t+1}, Y_j^{t+1})$  به ترتیب مختصات DMU<sub>j</sub> در مقاطع t و t+1 باشد و  $\theta^L(X_p^k, X_p^k, Z_p^k, Y_p^k)$  کارایی DMU<sub>p</sub> در لحظه K نسبت به جامعه در L لحظه باشد که در آن  $L, K \in \{t, t+1\}$  این مقدار کارایی از حل مدل زیر بدست می آید.

$$\begin{aligned}
 \theta^L(X_p^k, X_p^k, Z_p^k, Y_p^k) = \text{Max} \quad & UY_p^k \\
 \text{s.t.} \quad & WZ_j^L - VX_j^L \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq p, \\
 & UY_j^L - WZ_j^L - V'X_j'^L \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq p, \\
 & VX_p^k = 1, \\
 & WZ_p^k - VX_p^k \leq 0, \\
 & UY_p^k - WZ_p^k - V'X_p'^k \leq 0, \\
 & U \geq 1\epsilon, V \geq 1\epsilon, V' \geq 1\epsilon, W \geq 1\epsilon.
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

با قرار دادن L و K با مقادیر t و t+1، چهار کارایی برای هر DMU و مولفه های آن محاسبه می شود. با فرض اینکه مرحله اول رهبر و مرحله دوم پیشرو باشد، کارایی مرحله اول از مدل زیر محاسبه می شود.

$$\begin{aligned}
 \theta^L(X_p^k, X_p'^k, Z_p^k, Y_p^k) = \text{Max} \quad & WZ_p^K \\
 \text{s.t.} \quad & WZ_j^L - VX_j^L \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq p, \\
 & UY_j^L - WZ_j^L - V'X_j'^L \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq p, \\
 & VX_p^K = 1, \\
 & WZ_p^K - VX_p^K \leq 0, \\
 & UY_p^K - WZ_p^K - V'X_p'^K \leq 0, \\
 & UY_p^K = \theta^L(K) \\
 & U \geq 1\varepsilon, V \geq 1\varepsilon, V' \geq 1\varepsilon, W \geq 1\varepsilon.
 \end{aligned} \tag{10}$$

در این صورت کارایی مرحله اول، دوم و کل  $DMU_p$  در لحظه  $K$  نسبت به جامعه در لحظه  $L$  از روابط زیر محاسبه می‌شود. فرض کنید  $(U^*, V^*, V'^*, W^*)$  جواب بهینه مدل (10) باشد. توجه کنید که  $\theta^L(K) = \theta^L(X_p^k, X_p'^k, Z_p^k, Y_p^k)$

$$\begin{aligned}
 DMU_p \text{ کارایی مرحله اول} = \theta^L_1(K) &= \frac{W^*Z_p^K}{V^*X_p^K} \\
 DMU_p \text{ کارایی مرحله دوم} = \theta^L_2(K) &= \frac{U^*Y_p^K}{W^*Z_p^K + V'^*X_p'^K} \\
 DMU_p \text{ کارایی کل} = \theta^L(K) &= \frac{U^*Y_p^K}{V^*X_p^K + V'^*X_p'^K}
 \end{aligned} \tag{11}$$

با داشتن کارایی روابط (11) شاخص بهره‌وری مالم کوئیست کل، مرحله اول و دوم  $DMU_p$  در لحظه  $t+1$  نسبت به لحظه  $t$  از روابط ذیل بدست می‌آید.

$$\begin{aligned}
 MPI_a &= \frac{\frac{\theta^{t+1}(t+1)}{\theta^t(t)}}{\sqrt{\frac{\theta^{t+1}(t)\theta^{t+1}(t+1)}{\theta^t(t)\theta^t(t+1)}}} & MPI_1 &= \frac{\frac{\theta_1^{t+1}(t+1)}{\theta_1^t(t)}}{\sqrt{\frac{\theta_1^{t+1}(t)\theta_1^{t+1}(t+1)}{\theta_1^t(t)\theta_1^t(t+1)}}} \\
 MPI_2 &= \frac{\frac{\theta_2^{t+1}(t+1)}{\theta_2^t(t)}}{\sqrt{\frac{\theta_2^{t+1}(t)\theta_2^{t+1}(t+1)}{\theta_2^t(t)\theta_2^t(t+1)}}}
 \end{aligned} \tag{12}$$



در نتیجه خواهیم داشت:

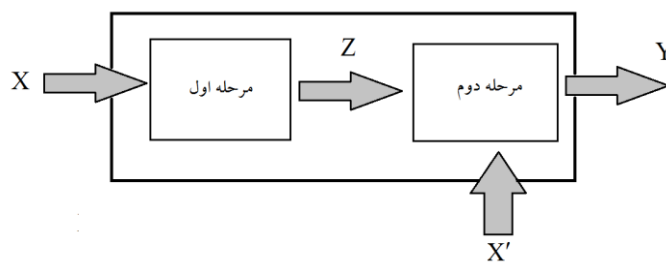
$$MPI_a \begin{cases} > 1 \\ = 1 \\ < 1 \end{cases} \begin{cases} DMU_p \text{ در لحظه } t+1 \text{ نسبت به لحظه } t \text{ در کل پیشرفت داشته است.} \\ DMU_p \text{ در لحظه } t+1 \text{ نسبت به لحظه } t \text{ در کل نه پیشرفت و نه پسرقت داشته} \\ \text{است.} \end{cases}$$

$$MPI_1 \begin{cases} > 1 \\ = 1 \\ < 1 \end{cases} \begin{cases} DMU_p \text{ در لحظه } t+1 \text{ نسبت به لحظه } t \text{ در مرحله اول پیشرفت داشته است.} \\ DMU_p \text{ در لحظه } t+1 \text{ نسبت به لحظه } t \text{ در مرحله اول نه پیشرفت و نه پسرقت} \\ \text{داشته است.} \end{cases}$$

$$MPI_2 \begin{cases} > 1 \\ = 1 \\ < 1 \end{cases} \begin{cases} DMU_p \text{ در لحظه } t+1 \text{ نسبت به لحظه } t \text{ در مرحله اول پسرقت داشته است.} \\ DMU_p \text{ در لحظه } t+1 \text{ نسبت به لحظه } t \text{ در مرحله دوم پیشرفت داشته است.} \\ DMU_p \text{ در لحظه } t+1 \text{ نسبت به لحظه } t \text{ در مرحله دوم نه پیشرفت و نه پسرقت} \\ \text{داشته است.} \\ DMU_p \text{ در لحظه } t+1 \text{ نسبت به لحظه } t \text{ در مرحله دوم پسرقت داشته است.} \end{cases}$$

#### ۴- بهره وری در ایستگاه های مترو

در این بخش بهره وری ایستگاه های مترو تهران در سال های ۱۳۹۱ الی ۱۳۹۵ با روش پیشنهادی محاسبه شده است. هر ایستگاه مترو شهری تهران به عنوان یک DMU که مرحله اول آن به عنوان ساخت و مرحله دوم به عنوان بهره برداری است، در نظر گرفته می شود. که در مرحله اول تجهیزات و وسعت ایستگاه از بودجه اولیه (سرمایه گذاری مالی) و موقعیت مکانی بدست می آید و در مرحله دوم با استفاده از تجهیزات، وسعت ایستگاه و نیروی انسانی جابجایی مسافر و رضایت مشتری به عنوان خروجی نهایی در نظر گرفته می شود. که در جدول ۱ مشخصات این شاخص ها و در شکل ۳ ساختار هر ایستگاه نمایش داده شده است.



شکل ۳- ساختار هر ایستگاه

جدول ۱: مشخصات ورودی‌ها، مقادیر میانی و خروجی‌ها برای ایستگاه‌های مترو

هدف	امتیاز	توضیحات	شاخص
۵	۱	برای هر یک میلیارد سرمایه	بودجه X1
۱۰	۱	در نزدیکی مناطق خاص، دانشگاه‌ها، سازمان‌ها	موقعیت مکانی X2
۵	۱	۲۵ تا ۵۰	تعداد پرسنل X' ۱
	۲	۵۰ تا ۷۵	
	۳	۷۵ تا ۱۰۰	
	۴	۱۰۰ تا ۱۲۵	
	۵	بیشتر از ۱۲۵	
۱۰	۲	آسانسور	تجهیزات ایستگاه Z1
	۲	پله برقی	
	۲	بهداشتی	
	۲	غرفه های تجاری	
	۲	امکانات ویژه برای معلولین	
۵	۳	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر مکعب	وسعت ایستگاه Z2
	۴	۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متر مکعب	
	۵	بیشتر از ۵۰۰۰ متر مکعب	
۲۰	۵	کمتر از ۲۰۰۰	تعداد مسافر روزانه Y1
	۸	۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	
	۱۰	۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰	
	۱۵	۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰	
	۲۰	بیشتر از ۳۰۰۰۰	
۵	۱	فوق العاده رضایتمند	رضایت مشتری Y2
	۲	بسیار راضی	
	۳	به طور متوسط راضی	
	۴	کمی راضی	
	۵	ناراضی	

نتایج بدست آمده از رابطه (۱۲) برای هر دو سال متوالی در هر ایستگاه مترو و مرحله های آن به ترتیب در جدول های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۲: نتایج بهره وری مالک کوئست برای هر ایستگاه

شماره	۹۲-۹۱	۹۳-۹۲	۹۴-۹۳	۹۵-۹۴	شماره	۹۲-۹۱	۹۳-۹۲	۹۴-۹۳	۹۵-۹۴
۱	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۲۹۹	۰,۸۸۳	۳۷	۱,۲۴۱	۰,۸۸۹	۱,۱۴۸	۰,۶۶۷
۲	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۸۸۹	۳۸	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۲۵	۰,۷۹۸
۳	۱	۱,۰۵	۱,۴۷۲	۰,۷۴۶	۳۹	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۴	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۸۸۹	۴۰	۱,۰۲۸	۱,۰۲۲	۱,۲۲۵	۰,۷۴۱
۵	۱,۰۲۸	۱,۰۳۱	۱,۲۳۶	۰,۸۴۶	۴۱	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۶	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۹۱۴	۴۲	۱	۰,۹۳۶	۱,۴۶۴	۰,۷۳
۷	۱	۰,۹۳۶	۱,۴۶۴	۰,۹۳۶	۴۳	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۸۶۱
۸	۱,۰۶۹	۱,۰۵۴	۱,۵۴۹	۰,۵۳۵	۴۴	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱
۹	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴	۴۵	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۱۰	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴	۴۶	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۸۶۱
۱۱	۱,۲۰۸	۱,۰۹۹	۱,۱۳۳	۰,۸۴۷	۴۷	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۱۲	۱,۲۴۱	۰,۸۲	۱,۱۲۵	۰,۶۶۷	۴۸	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱
۱۳	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۹۱۱	۴۹	۱	۱,۰۵	۱,۴۷۲	۰,۷۴۶
۱۴	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴	۵۰	۱,۲۰۸	۱,۰۹۹	۱,۱۸۲	۰,۹۹۴
۱۵	۱,۲۴۱	۰,۸۸۹	۱,۱۴۸	۰,۶۶۷	۵۱	۱,۰۲۸	۱,۷۳۲	۱,۴۴۲	۰,۹۱۶
۱۶	۱,۲۴۱	۰,۸۸۹	۱,۱۴۸	۰,۶۶۷	۵۲	۱	۱,۰۵	۱,۴۷۲	۰,۷۶۴
۱۷	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۱۴۸	۰,۶۶۷	۵۳	۱,۰۶۹	۱,۰۵۴	۱,۵۴۹	۰,۵۶۲
۱۸	۱,۲۰۸	۱,۰۹۹	۱,۱۲۶	۰,۸۳۷	۵۴	۱	۱,۰۵	۱,۴۳۹	۰,۸۸۸
۱۹	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۶۴۳	۵۵	۱	۱,۰۵	۱,۴۷۲	۰,۷۴۶
۲۰	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱	۵۶	۱,۲۴۱	۰,۸۶۶	۱,۱۲۵	۰,۷۵۶
۲۱	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۱۸۴	۰,۸۴۸	۵۷	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱
۲۲	۱	۰,۷۸۸	۱,۴۱۶	۱,۰۴۳	۵۸	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۱۸۴	۰,۸۴۸
۲۳	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۸۷۶	۵۹	۱	۰,۹۱۵	۱,۴۶۴	۰,۷۳
۲۴	۱,۲۰۸	۱,۰۹۹	۱,۲۰۲	۰,۹۵۹	۶۰	۱	۱,۰۵	۱,۴۳۹	۰,۷۳
۲۵	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۱۸۴	۰,۸۱۳	۶۱	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۲۶	۱,۰۶۹	۱,۰۵۴	۱	۰,۵	۶۲	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۲۵	۰,۷۹۸
۲۷	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱	۶۳	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۱۴۸	۰,۶۶۷
۲۸	۱,۰۲۸	۱,۷۳۲	۱,۴۴۲	۰,۹۱۶	۶۴	۱,۲۴۱	۰,۸۸۹	۱,۲۲۹	۰,۶۸۶
۲۹	۱	۱,۰۵	۱,۴۷۲	۰,۷۶۴	۶۵	۱,۲۴۱	۰,۸۹۷	۱,۱۵۵	۰,۶۶۷
۳۰	۱,۰۲۸	۰,۷۸۳	۱,۲۹۹	۱,۱۱۷	۶۶	۱,۲۰۸	۰,۹۵۶	۱,۱۶۲	۰,۸۵۷
۳۱	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۹۱۴	۶۷	۱	۰,۹۳۶	۱,۴۶۴	۰,۷۳
۳۲	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴	۶۸	۱	۰,۹۸۷	۱,۴۵۲	۰,۹۵۱
۳۳	۱,۲۴۱	۰,۹۱۵	۱,۱۶۲	۰,۶۶۷	۶۹	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۸۶۱
۳۴	۱,۰۲۸	۰,۷۵	۱,۲۶	۱,۰۳۳	۷۰	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱
۳۵	۱	۰,۹۱۵	۱,۴۶۴	۰,۷۳	۷۱	۱,۰۲۸	۱,۳۵۷	۱,۵	۱,۰۷۹
۳۶	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸						

جدول ۳: نتایج بهره‌وری مالم کوئیست برای مرحله اول هر ایستگاه

شماره	۹۲-۹۱	۹۳-۹۲	۹۴-۹۳	۹۵-۹۴	شماره	۹۲-۹۱	۹۳-۹۲	۹۴-۹۳	۹۵-۹۴
۱	۱,۰۲۱	۱,۰۸۲	۱,۰۹۸	۰,۹۸۱	۳۷	۰,۸۷	۰,۷۹۳	۰,۹۷۷	۱,۱۶
۲	۰,۹۵۹	۱,۱۱۶	۱,۱۶۶	۱,۲۲۳	۳۸	۱	۱	۰,۸۰۷	۱,۱۵۵
۳	۱	۰,۹۵۷	۱,۱۳۳	۱,۲۴۸	۳۹	۰,۵۸۱	۰,۷۲۷	۱,۰۶۵	۱,۱
۴	۱	۱	۰,۹۶۴	۱,۰۳۱	۴۰	۱	۰,۵۸۸	۰,۹۰۴	۱
۵	۱	۰,۹۵۷	۱,۰۴۵	۱,۰۸۷	۴۱	۰,۵۹۳	۰,۷۷۸	۱,۰۱۷	۱,۱۹۵
۶	۱	۰,۸۴۵	۱,۱۱	۱,۱۵۵	۴۲	۱	۰,۵۹۸	۱,۰۵۳	۱,۱۰۱
۷	۰,۸۷	۱,۰۹۵	۱,۱۴	۱,۱۸۴	۴۳	۰,۷۶۳	۱,۱۲۳	۱,۱۵۸	۱,۲۶۶
۸	۱	۰,۶۳۴	۱,۱۲۴	۱,۱۲۱	۴۴	۱	۰,۹۵۷	۱,۲۵۲	۱,۲
۹	۰,۸۱۷	۰,۶۳۷	۰,۹۴۳	۱,۳۵۹	۴۵	۰,۵۹۳	۰,۷۷۸	۱,۰۶۸	۱,۱۸۹
۱۰	۰,۵۹۳	۰,۷۷۸	۱,۰۶۸	۱,۱۸۹	۴۶	۰,۷۶۳	۱,۱۲۳	۱,۲۰۲	۱,۲۸۴
۱۱	۰,۶۶۷	۰,۷۷۸	۱,۰۰۴	۱,۱۶۵	۴۷	۰,۵۹۳	۰,۷۷۸	۰,۹۴۹	۱,۱۱۳
۱۲	۱,۰۳۵	۱	۰,۶۴۹	۰,۸۴۹	۴۸	۱	۰,۹۵۷	۱,۱۸	۱,۱۲۴
۱۳	۰,۸۹۸	۰,۸۱۸	۱,۰۳۴	۱,۰۹۴	۴۹	۱	۱	۱,۰۶۱	۱,۰۵۴
۱۴	۱	۱	۱,۲۶۵	۱,۴۶۶	۵۰	۰,۷۶۳	۱,۳۷۵	۰,۹۷۲	۱,۲۳
۱۵	۰,۵۸۱	۰,۸۰۸	۱,۰۱۲	۱,۰۹۱	۵۱	۱	۰,۹۵۷	۱,۱۱۶	۱,۱۳۱
۱۶	۰,۷۵۶	۰,۷۲۷	۱,۱۲۶	۱,۲۲۷	۵۲	۱	۱	۱,۰۳۱	۱,۱۲۴
۱۷	۰,۸۷	۰,۷۹۳	۰,۹۷۷	۱,۱۶	۵۳	۰,۸۹۴	۰,۹۵۷	۱	۱,۰۶۱
۱۸	۰,۸۳۳	۱,۳۲۷	۰,۶۵۸	۱,۱۱۶	۵۴	۱	۱	۰,۵۳۱	۱,۲۵۲
۱۹	۰,۵۸۱	۱,۷۷۷	۰,۵۲۴	۱,۱۴۹	۵۵	۱	۱	۱,۰۶۱	۱,۰۵۴
۲۰	۰,۷۱	۰,۷۹۳	۱,۰۳۸	۱,۱۶	۵۶	۰,۹۱۲	۱,۱۲۳	۱,۰۲۸	۱,۳۰۹
۲۱	۱	۱	۱,۳۵۲	۱,۳۳۳	۵۷	۱	۱	۱,۰۷۷	۱,۲۲۴
۲۲	۰,۸۸۹	۱,۳۵۷	۱,۱۶۲	۱,۳۲۶	۵۸	۱,۰۱۹	۱,۰۴۹	۱,۰۸۱	۱,۱۸۱
۲۳	۱	۱	۰,۶۲۲	۱,۱۲	۵۹	۱	۰,۵۵۶	۱,۰۶۸	۱,۱۴۸
۲۴	۰,۸۵۸	۱,۱۰۶	۱,۰۶۵	۱,۱۷۶	۶۰	۱	۱	۰,۶۱	۱,۱۳۲
۲۵	۱,۱۹۲	۰,۸۸	۱,۱۱۹	۱,۱۳۳	۶۱	۰,۶۴۹	۰,۷۷۸	۱,۰۸۵	۱,۱۸۱
۲۶	۱,۰۰۵	۱,۱	۰,۹۷۶	۱,۱۰۷	۶۲	۱	۱	۰,۷۹۷	۱,۱۷۷
۲۷	۰,۸۹۴	۱	۱	۱,۱۲۵	۶۳	۰,۸۴۵	۱,۲۶۵	۰,۶۸۵	۱,۱۵۵
۲۸	۱	۰,۹۵۷	۱,۱۷۳	۱,۱۷	۶۴	۰,۸۳۳	۰,۸	۱,۰۲۳	۱,۰۶۲
۲۹	۱	۱	۱,۰۱۵	۱,۱۰۸	۶۵	۰,۸۲۲	۰,۸۳۳	۱,۱۴۵	۱,۱۵۷
۳۰	۱	۱	۱,۱۰۱	۱,۰۷۵	۶۶	۰,۶۶۷	۰,۹۷۲	۱,۰۲۸	۱,۱۹
۳۱	۱	۱	۱	۱,۱۴۴	۶۷	۱	۰,۵۵۹	۱,۰۸۲	۱
۳۲	۰,۸۶۱	۱,۱۶۲	۱,۰۶۷	۱,۲۳۹	۶۸	۱	۰,۸۳۳	۱,۰۶۱	۱,۰۴۹
۳۳	۰,۶۴۶	۰,۸	۱,۰۴۵	۱,۰۸۳	۶۹	۰,۸۵۸	۱,۰۵۸	۱,۱۶۱	۱,۱۹۸
۳۴	۰,۸۹۱	۰,۸۶۵	۱,۰۳	۱,۱۱۳	۷۰	۱	۰,۹۵۷	۱,۱۸	۱,۲۳۷
۳۵	۱	۰,۸۸۳	۰,۹۹	۱,۰۵۹	۷۱	۱	۱,۰۴۹	۱	۱,۱۵۵
۳۶	۱	۰,۵	۱,۰۵۵	۱,۱۵۹					

جدول ۴: نتایج بهره وری مالک کوئیسیت برای مرحله دوم هر ایستگاه

شماره	۹۲-۹۱	۹۳-۹۲	۹۴-۹۳	۹۵-۹۴	شماره	۹۲-۹۱	۹۳-۹۲	۹۴-۹۳	۹۵-۹۴
۱	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۲۹۹	۰,۸۹۸	۳۷	۱,۲۴۱	۰,۸۸۹	۱,۱۸۴	۰,۶۶۷
۲	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۸۸۹	۳۸	۱,۰۰۵	۱,۰۳۵	۱,۲۲۵	۰,۷۹۸
۳	۱	۱,۰۰۵	۱,۴۷۲	۰,۷۴۶	۳۹	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۴	۰,۹۷۹	۱,۰۰۲	۱,۲۷۲	۱,۰۲۶	۴۰	۱,۰۲۸	۱,۰۲۲	۱,۲۲۵	۰,۷۴۱
۵	۱,۰۰۵	۱,۰۳۵	۱,۲۶	۰,۸۷۵	۴۱	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۶	۱,۰۴۶	۰,۹۲۴	۱,۱۱۲	۱,۰۹۲	۴۲	۱	۰,۹۹۳	۱,۴۶۴	۰,۷۳
۷	۱	۰,۹۹۳	۱,۴۶۴	۰,۹۶۹	۴۳	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۹۴۳
۸	۱,۰۶۹	۱,۰۵۴	۱,۵۴۹	۰,۵۶۲	۴۴	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱
۹	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴	۴۵	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۱۰	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴	۴۶	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۹۰۸
۱۱	۱,۰۴۶	۱,۲۳۱	۱,۱۶۲	۰,۹۱۵	۴۷	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۱۲	۱,۲۴۱	۰,۸۲۱	۱,۱۲۵	۰,۶۶۷	۴۸	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱
۱۳	۰,۹۷۹	۱,۰۰۲	۱,۲۷۲	۱,۱۳	۴۹	۱	۱,۰۰۵	۱,۴۷۲	۰,۷۴۶
۱۴	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴	۵۰	۱,۲۰۸	۱,۰۹۹	۱,۱۸۲	۱,۰۸۵
۱۵	۱,۲۴۱	۰,۸۸۹	۱,۱۸۴	۰,۶۶۷	۵۱	۱,۰۲۸	۱,۷۳۲	۱,۴۴۲	۰,۹۱۶
۱۶	۱,۲۴۱	۰,۸۸۹	۱,۱۸۴	۰,۶۶۷	۵۲	۱	۱,۰۰۵	۱,۵۱۷	۰,۹۰۲
۱۷	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۱۸۴	۰,۶۶۷	۵۳	۱,۰۶۹	۱,۰۵۴	۱,۵۴۹	۰,۵۶۲
۱۸	۱,۲۰۸	۱,۰۹۹	۱,۱۶۲	۰,۸۹۱	۵۴	۱	۱,۰۰۵	۱,۴۲۵	۰,۹۸۹
۱۹	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۶۴۳	۵۵	۱	۱,۰۰۵	۱,۴۹۳	۰,۷۷۸
۲۰	۱,۰۰۵	۱,۰۳۵	۱,۲۶	۰,۷۴۱	۵۶	۱,۲۴۱	۰,۸۶۶	۱,۱۲۵	۰,۷۵۶
۲۱	۱,۲۰۲	۱,۰۷۲	۱,۱۹۲	۰,۸۴۸	۵۷	۱,۰۰۵	۱,۰۳۵	۱,۲۶	۰,۷۴۱
۲۲	۱	۰,۷۸۸	۱,۴۱۶	۱,۱۱۵	۵۸	۱,۲۰۲	۱,۰۷۲	۱,۱۹۲	۰,۸۹۴
۲۳	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۸۹۱	۵۹	۱	۰,۸۵۵	۱,۴۶۴	۰,۷۳
۲۴	۱,۱۲۷	۱,۱۶	۱,۲۲۴	۰,۹۱۵	۶۰	۱	۱,۰۰۵	۱,۴۲۵	۰,۷۳
۲۵	۱,۲۴۱	۱,۰۲۲	۱,۱۸۴	۰,۷۹۹	۶۱	۱,۱۲۷	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴
۲۶	۱,۰۶۹	۱,۰۵۴	۱	۰,۵	۶۲	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۲۵	۰,۷۹۸
۲۷	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱	۶۳	۱,۲۰۲	۱,۰۷۲	۱,۱۹۲	۰,۶۶۷
۲۸	۱,۰۰۵	۱,۷۳۲	۱,۴۷۷	۰,۹۵۶	۶۴	۱,۲۴۱	۰,۸۸۹	۱,۲۶۸	۰,۷۲۲
۲۹	۱	۱,۰۰۵	۱,۴۷۲	۰,۷۴۶	۶۵	۱,۲۴۱	۰,۹۷۷	۱,۱۸۴	۰,۶۶۷
۳۰	۱,۰۲۸	۰,۷۸۳	۱,۲۹۹	۱,۰۸۳	۶۶	۱,۲۰۸	۱,۰۹۹	۱,۱۶۲	۰,۸۹۱
۳۱	۱,۰۴۶	۰,۹۲۴	۱,۱۱۲	۰,۹۹۱	۶۷	۱	۰,۹۹۳	۱,۴۶۴	۰,۷۳
۳۲	۱,۲۰۸	۰,۷۶۹	۱,۰۸۵	۰,۸۰۴	۶۸	۱	۱,۰۰۵	۱,۴۷۲	۰,۹۸۶
۳۳	۱,۲۴۱	۰,۹۷۷	۱,۱۸۴	۰,۶۶۷	۶۹	۱,۲۰۸	۰,۸۱۱	۱,۰۹۸	۰,۸۹۱
۳۴	۱,۰۲۸	۰,۷۸۳	۱,۲۶۸	۱,۰۸۹	۷۰	۱,۰۲۸	۱,۰۶۳	۱,۲۴۸	۰,۷۴۱
۳۵	۱	۰,۹۱۵	۱,۴۶۴	۰,۷۳	۷۱	۱,۰۲۸	۱,۳۵۷	۱,۵	۱,۰۷۹
۳۶	۱,۰۴۶	۰,۹۲۴	۱,۱۱۲	۰,۹۹۱					

تغییرات سرمایه‌گذاری مالی (بودجه) در بین سال‌های ذکر شده در بالا، یا ثابت است یا افزایشی است. رابطه بین تغییرات سرمایه‌گذاری در ایستگاه‌های مترو و بهره‌وری آن‌ها متفاوت است. به طور مثال ایستگاه‌های شماره ۱ در بین سال‌های ۹۲-۹۳ و ۹۳-۹۴ با افزایش میزان سرمایه‌گذاری نه تنها دارای پیشرفت بوده بلکه میزان پیشرفت آن رشد نیز داشته است. از طرفی ایستگاه ۱، ۲ و ۳ تنها ایستگاه‌هایی هستند که در بین سال‌های ۹۴-۹۵ دارای افزایش بودجه بوده‌اند و همگی در تغییرات بهره‌وری ۹۴-۹۵ پسرفت کرده‌اند. این اتفاق در حالی رخ داده است که این سه ایستگاه در سال‌های ۹۳-۹۴ دارای پیشرفت بوده‌اند. همچنین همه ایستگاه‌های مترو که تغییرات سرمایه‌گذاری مالی آن‌ها در بین سال‌های ۹۳-۹۴ مثبت بوده است، دارای پیشرفت در این سال‌ها بوده‌اند. این امر نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین افزایش سرمایه‌گذاری مالی و پیشرفت ایستگاه‌های مترو است.

#### ۶- نتیجه‌گیری

مساله مهم در هر سازمانی تعیین اثر تغییرات در شاخص‌ها و رابطه‌های آن با بهره‌وری سازمان است، این امر در چگونگی تصمیمات آتی مدیران سازمان و یا تعیین سند چشم‌انداز برای سازمان بسیار مثر است. تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک ناپارامتری برای ارزیابی کارایی مجموعه از واحدهای تصمیم‌گیرنده است. با استفاده از چهارچوب تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان تغییرات بهره‌وری هر واحد تصمیم‌گیرنده را تعیین کرد.

در این تحقیق پیشرفت و پسرفت ایستگاه‌های مترو تهران در ساختار شبکه‌ای مورد بحث قرار گرفت. استفاده از ساختار شبکه‌ای دو مرحله‌ای در ارزیابی عملکرد ایستگاه‌های مترو باعث تعیین عدم ناکارایی در زیر بخش‌های هر ایستگاه مترو می‌شود، یعنی زیر بخش ساخت و زیر بخش بهره‌برداری. این نگرش در ارزیابی عملکرد می‌تواند به تصمیم‌گیری مدیران سازمان در تصمیم‌سازی کمک کند. همچنین پیشرفت و پسرفت ایستگاه‌های مترو در بین سال‌های ۱۳۹۱ الی ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص بهره‌وری برای هر ایستگاه و زیر بخش‌های ایستگاه محاسبه گردید و رابطه آن با افزایش سرمایه‌گذاری مالی در هر دو سال متوالی بررسی شد. در این تحقیق نشان دادیم که در صورت فراهم بودن بستر مناسب افزایش سرمایه‌گذاری مالی می‌تواند در پیشرفت هر ایستگاه مترو تاثیر شایانی داشته باشد. که این امر در بین سال‌های ۹۳-۹۴ برای همه ایستگاه‌های مترو که دارای افزایش سرمایه‌گذاری مالی بوده‌اند، اتفاق افتاده است.

### فهرست منابع

- \* امیرحسینی، زهرا، قبادی، معصومه. (۱۳۹۴). ارزیابی فرصت سرمایه گذاری با تجزیه و تحلیل ساختار مالی موثر بر ارزش شرکت، *دانش سرمایه‌گذاری*، ۴(۱۴)، ۴۷-۶۰.
- \* جعفریان مقدم، احمد رضا و فتحعلی، مسعود (۱۳۸۷)، انتخاب راه آهن های برتر دنیا در زمینه حمل و نقل کالا جهت الگو برداری برای راه آهن ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها (DEA) و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مجموعه مقالات دهمین همایش حمل و نقل ریلی.
- \* قدمی، محسن، محمدی، زهره، قدمی، مینا. (۱۳۹۷)، 'ارائه الگوی توسعه پایدار ملی بر اساس مبانی مدیریت دانایی استراتژیک متکی بر تئوری نظم در آشفتگی، *دانش سرمایه‌گذاری*، ۷(۲۵)، ۱۶۵-۱۷۸.
- \* موحدی، محمد مهدی و حسینی، سید محی الدین (۱۳۸۹)، "تعیین و رتبه بندی کارآیی نواحی مختلف راه آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده ها"، *مجله ریاضیات کاربردی واحد لاهیجان*، بهار ۱۳۸۹. ۴۹-۶۴
- \* Akther S, Fukuyama H, Weber W.L., (2013), Estimating two-stage network slacks based inefficiency : an application to Bangladesh banking. *Omega* ; 41(1): 88-96.
- \* Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- \* Barros, C. P. (2008). Efficiency analysis of hydroelectric generating plants: A case study for Portugal. *Energy Economics*, 30(1), 59-75.
- \* Camanho, A.S., Dyson, R.G., , (2006). Data envelopment analysis and Malmquist indices for measuring group performance. *Journal of Productivity Analysis*, 26, 35-49.
- \* Caves, D.W., Christensen, L. R., Diewert, W.E., , (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometric*, 50 (6), 1414-1939.
- \* Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E.L., ,(1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- \* Chen, Y., Cook, W. D., Kao, C., & Zhu, J. (2013). Network DEA pitfalls: Divisional efficiency and frontier projection under general network structures. *European Journal of Operational Research*, 226(3), 507-515.
- \* Chen, K., & Zhu, J. (2018). Additive slacks-based measure: Computational strategy and extension to network DEA. *Omega*. doi:10.1016/j.omega.2018.12.011.
- \* Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., Roos, P., , (1994). Productivity developments in Swedish hospitals: A Malmquist output index approach data envelopment analysis: theory, methodology and applications. *Kluwer Academic Publishers*, 253-272.
- \* Färe, R., & Grosskopf, S. (1996). *Intertemporal production frontiers: With dynamic DEA*. Boston: Kluwer.
- \* Färe, R., & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, 35-49.
- \* Färe, R., Grosskopf, S., & Pasurka, C. A. (2001). Accounting for air pollution emissions in measures of state manufacturing productivity growth. *Journal of Regional Science*, 41(3), 381-409.
- \* Guo, C., Shureshjani, R. A., Foroughi, A. A., & Zhu, J. (2017). Decomposition weights and overall efficiency in two-stage additive network DEA. *European Journal of Operational research*, 257(3), 896-906.
- \* Jiang, Changbing (2009) "a model of evaluating transportation system efficiency based on data envelopment analysis approach", *Second International Symposium on Electronic Commerce and Security*.

- \* Kao, C. (2018). A classification of slacks-based efficiency measures in network data envelopment analysis with an analysis of the properties possessed. *European Journal of Operational Research*, 270(3), 1109–1121.
- \* Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185, 418–429.
- \* Kumar, S. (2006). Environmentally sensitive productivity growth: A global analysis using Malmquist-Luenberger index. *Ecological Economics*, 56, 280–293.
- \* Li, Y., Chen, Y., Liang, L., & Xie, J. (2012). DEA models for extended two-stage network structures. *Omega—The International Journal of Management Science*, 40(5), 611–618.
- \* Lipeng, Feng and Guohua, Zhou (2010) "Analysis on the scale of input-output in diversified railway", *IEEE*.
- \* Liang, L., Cook, W. D., & Zhu, J. (2008). DEA models for two-stage processes: Game approach and efficiency decomposition. *Naval Research Logistics*, 55(7), 643–653.
- \* Mahlberg, B., & Sahoo, B. K. (2011). Radial and non-radial decompositions of Luenberger productivity indicator with an illustrative application. *International Journal of Production Economics*, 131(2), 721–726.
- \* Movahedi, M., Saati, S. and Vahidi, A. R. (2007) "Iranian railway efficiency (1971-2004): An application of DEA", *Int. J. Contemp.Math. Sciences*, 2 (31), pp.1569-1579.
- \* Tone, K., & Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197(1), 243–252.
- \* Yu, M. M. and Lin, E. T. (2008) "Efficiency and effectiveness in railway performance using a multi-activity network DEA model", *Omega*, 36(6), pp.1005-1017.