

اثرات سیاست اولین - بهترین قیمت گذاری بر شاخص های عملکردی و زیست محیطی شبکه حمل و نقل شهر تهران

عباس بابازاده^۱، سیدابراهیم عبدالمنافی^۲

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکتری مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

هدف از برنامه ریزی حمل و نقل شهری ارایه سیاست هایی برای بهبود شاخص های عملکردی سیستم حمل و نقل از جمله زمان سفر، مسافت طی شده، متوسط سرعت سفر و در عین حال کاهش اثرات زیست محیطی از جمله نشر منواکسیدکربن و مصرف بنزین است. سیاست های قیمت گذاری شبکه از جمله سیاست هایی هستند که به منظور بهره برداری بهتر از ظرفیت سیستم حمل و نقل استفاده می شوند. در این سیاست ها، رفتار استفاده کنندگان توسط اخذ عوارض طوری تنظیم می شود که الگوی جریان از تعادل استفاده کننده تا حد امکان به سمت تعادل سیستم برود. در این صورت، متوسط سرعت در شبکه افزایش خواهد یافت که وضعیتی مطلوب تر از نقطه نظر اهداف مطالعات حمل و نقل است. ولی در مقابل این سوال مطرح است که آیا شاخص های زیست محیطی شبکه نیز بهبود می یابند؟ هدف این مقاله پاسخ به سوال فوق برای سیستم حمل و نقل تهران است. در این مقاله از مدل های ساخته شده در فرآیند برنامه ریزی چهار مرحله ای شهر تهران جهت تخمین شاخص های عملکردی و زیست محیطی در دو حالت قبل و پس از اعمال اولین - بهترین قیمت گذاری شبکه استفاده می شود. این مدل ها در سیستم ایجاد سناریوی شهر تهران توسط نرم افزار EMME پیاده سازی و اجرا می شوند. نتایج نشان می دهند که قیمت گذاری شبکه می تواند موجب افزایش نشر منواکسیدکربن و مصرف سوخت شود.

کلید واژه: سیستم حمل و نقل، تعادل استفاده کننده، تعادل سیستم، اولین - بهترین قیمت گذاری، ارزیابی زیست محیطی.

^۱ استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، ۶۱۱۱۲۱۷۶، ababazadeh@ut.ac.ir

^۲ مدرس دانشگاه، ۰۹۱۲۴۲۰۴۹۵۶، abdolmanafi@iust.ac.ir

۱- مقدمه

هدف از برنامه ریزی حمل و نقل شهری ارایه سیاست یا سیاستهایی جهت بهبود شاخص های عملکردی و زیست محیطی سیستم حمل و نقل است. از جمله این شاخص ها کل زمان سفر، کل مسافت طی شده، متوسط سرعت سفر، کل مصرف بنزین و کل نشر منواکسیدکربن توسط وسایل نقلیه در شبکه می باشند. به دلیل تعدد شاخص ها و نیز عدم سازگاری برخی از آنها با یکدیگر، تعیین سیاست های برتر اغلب با استفاده از روش های برنامه ریزی چندهدفه انجام می شود.

مطالعات برنامه ریزی حمل و نقل شهر تهران بر مبنای یک رویکرد مدل سازی چهار مرحله ای است. در این مطالعات، شاخص های میزان جابجایی و سرعت در شبکه در درجه اول و پس از آنها شاخص های زیست محیطی در درجه دوم اهمیت قرار دارند. اگرچه افزایش امکان جابجایی و نیز سرعت وسایل نقلیه در شهرها موجب رضایت آنی مسافران می شود، اما هزینه های جانی و بیماری ناشی از افزایش آلاینده های زیست محیطی برگشت ناپذیرند. زیرا افزایش میزان جابجایی و گاهی افزایش سرعت، می تواند منجر به افزایش مصرف سوخت و نیز نشر آلاینده شود. با توجه به این تضاد به نظر می رسد که ارزیابی سیاست های حمل و نقلی در دو حالت توجه و عدم توجه به شاخص های زیست محیطی منجر به نتایج متفاوت خواهد بود. از جمله این سیاست ها، سیاست قیمت گذاری اولین- بهترین در شبکه است که اغلب با هدف افزایش متوسط سرعت وسایل نقلیه در شبکه اعمال می گردد. بررسی تجربی تاثیر این سیاست بر شاخص های عملکردی و زیست محیطی تهران هدف اصلی این مقاله می باشد.

ادامه مقاله به شرح زیر ارایه می شود. در بخش ۲ به تعریف مساله مورد توجه در این مقاله و اهداف تحقیق پرداخته می شود. در بخش ۳ مطالعات پیشین در زمینه تحقیق مروری می شوند. در بخش ۴ اصول قیمت گذاری اولین- بهترین تشریح می شود. بخش ۵ به نحوه محاسبه شاخص های عملکردی شبکه تهران از جمله سرعت و نشر منواکسیدکربن در دو حالت بدون و با قیمت گذاری شبکه می پردازد. در بخش ۶ شاخص های عملکردی شبکه معابر تهران با استفاده از روش ارایه شده در بخش ۵ در دو حالت بدون و با قیمت گذاری محاسبه شده و در مقایسه با هم ارایه می شوند بخش ۷ نیز به نتیجه گیری مطالعه اختصاص دارد.

۲- تعریف مساله و اهداف تحقیق

سیاست های حمل و نقلی در دو گروه کلی سیاست های ساخت و سیاست های مدیریتی قرار می گیرند.

سیاست‌های ساخت شامل ساخت انواع تسهیلات حمل‌ونقلی از جمله انواع راه‌ها و خیابان‌ها، انواع سیستم‌های قطار شهری و تقاطعات غیرهمسطح است. هدف این سیاست‌ها بهبود شاخص‌های عملکردی سیستم از طریق افزایش ظرفیت سیستم می‌باشد. بودجه لازم برای اجرای این سیاست‌ها معمولاً باید توسط دولت یا شهرداری‌ها پرداخت شود که بسیاری اوقات محدودیت‌هایی برای تصویب آن وجود دارد. از طرفی زمان اجرای این سیاست‌ها معمولاً بسته به ابعاد طرح بین ۳ تا ۱۰ سال است. سیاست‌های مدیریتی به منظور حل مسایل فعلی سیستم‌های حمل‌ونقل به کار می‌روند. این نوع سیاست‌ها در دو گروه کلی مدیریت تقاضا و مدیریت عرضه قرار می‌گیرند. سیاست‌های مدیریت تقاضا اغلب با اعمال محدودیت‌هایی برای وسایل نقلیه شخصی سعی در کاهش تقاضای سفر با این نوع وسایل نقلیه در ساعات اوج ترافیک و در نواحی شلوغ شهری دارند. از آن جمله می‌توان به سیاست‌های اعمال محدود طرح ترافیک، اعمال محدود طرح زوج یا فرد، محدودیت پارک در نواحی مرکزی شهر، تغییر ساعات شروع مشاغل، محدودیت تک‌سرنشینی در بزرگراه‌ها و تخصیص بخشی از مقاطع عرضی به مسیرهای ویژه اتوبوس اشاره کرد.

هدف از سیاست‌های مدیریت عرضه، بهره‌برداری بهتر از ظرفیت فعلی سیستم حمل‌ونقل است. سیاست‌های قیمت‌گذاری از جمله سیاست‌های مدیریت عرضه محسوب می‌شوند. در این سیاست‌ها رفتار استفاده‌کنندگان توسط اخذ عوارض استفاده از معابر به گونه‌ای تنظیم می‌شود که توزیع جریان وسایل نقلیه در شبکه به جای تعادل استفاده‌کننده تا حد امکان به سمت تعادل سیستم انتقال داده شود. تعادل استفاده‌کننده همان تعادل پایدار جریان در شبکه است. در این نوع تعادل به طور منطقی فرض می‌شود که هر وسیله نقلیه (یا استفاده‌کننده) بر اساس هزینه متوسط کمان‌های شبکه از کوتاه‌ترین مسیر بین زوج مبدا- مقصد خود حرکت می‌کند. هر توزیع جریان غیر از تعادل استفاده‌کننده، از جمله تعادل سیستم، یک تعادل ناپایدار محسوب می‌شود.

تاکید این مقاله بر ارزیابی سیاست قیمت‌گذاری با در نظرگیری اثرات زیست‌محیطی است. بدون از دست دادن کلیت مسئله فرض می‌کنیم که میزان عوارض برای معابر شبکه به گونه‌ای تعیین می‌شوند که جریان تعادل سیستم در شرایط تقاضای ثابت برقرار گردد. به این میزان عوارض در اصطلاح اولین-بهترین قیمت‌گذاری اطلاق می‌گردد. در این حالت قاعدتاً سرعت در شبکه کاهش می‌یابد که وضعیتی مطلوب‌تر از نقطه نظر اهداف مطالعات حمل‌ونقل است. ولی سوال اساسی زیر مطرح می‌شود:

در قیمت‌گذاری اولین-بهترین، کل مسافت طی شده وسایل نقلیه، متوسط سرعت وسایل نقلیه، میزان نشر منواکسید کربن و مصرف سوخت چگونه تغییر می‌کنند؟

نظر عمومی متخصصان حمل‌ونقل معمولاً این است که در تعادل سیستم، طول سفرها مقداری افزایش

خواهد یافت، ولی با کاهش قابل ملاحظه کل زمان سفر، سرعت متوسط شبکه زیاد می‌شود. این در حالی است که افزایش طول سفرها - در محدوده‌ای از افزایش سرعت- می‌تواند نشر آلاینده‌ها و نیز مصرف سوخت را افزایش دهد. واضح است که تخمین شاخص‌های زیست‌محیطی قبل تصمیم‌گیری در خصوص اجرای سیاست قیمت‌گذاری ضروری است.

در این مقاله از مدل‌های ساخته شده در مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران برای تخمین نشر منواکسیدکربن و مصرف سوخت در سطح شبکه شهر تهران استفاده خواهند شد. متغیرهای مورد استفاده در این مدل‌ها شامل جریان و سرعت در کمان‌های شبکه هستند. سپس مدل‌های ساخته شده در سیستم ایجاد سناریوی شهر تهران توسط نرم‌افزار EMME پیاده‌سازی می‌شوند. برای نشان دادن اهمیت شاخص‌های زیست‌محیطی در تحلیل تصمیم برای اجرای سیاست قیمت‌گذاری، این شاخص‌ها برای شبکه تهران برای سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۹۰، ۱۳۹۵، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۵ در دو حالت بدون و با قیمت‌گذاری ارزیابی می‌شوند.

۳- مروری بر مطالعات پیشین

تراکم در شبکه‌های ترافیکی یکی از مشکلات رایج در بسیاری از شهرهای جهان و از جمله شهر تهران است [۱]. تجربه نشان داده است که سیاستهای افزایش عرضه، صرفنظر از محدودیت‌های مالی و فضایی، معمولاً در شهرهای بزرگ مشکل تراکم را حل نمی‌کنند [۲ و ۳]، و در نتیجه تنها راه واقعی کاهش تراکم استفاده از سیاستهای مدیریتی از جمله قیمت‌گذاری شبکه است. قیمت‌گذاری شبکه اولین بار توسط پیگو در سال ۱۹۲۰ ارائه گردید. وی با بررسی معبری متراکم رابطه بین عوارض بهینه و هزینه‌های اجتماعی را مطرح کرد. نایت [۴] استدلال کرد که قیمت عوارض می‌بایست با افزایش تراکم بیشتر شود تا از استفاده زیاد جلوگیری کند.

قیمت‌گذاری اولین- بهترین بر اصل ماکسیمم سازی رفاه اجتماعی استوار است [۵]. تئوری اولین- بهترین توسط محققینی نظیر والترز [۶]، ویکری [۷]، ایوانس [۸]، و هیلز [۹] بر اساس توابع عرضه و تقاضای معبری نظیر آزادراه با نقاط ورودی و خروجی مشخص توسعه داده شد. بنابر این نظریه، الگوی جریان بهینه سیستم با دریافت عوارضی برابر با اختلاف هزینه اجتماعی و هزینه سفر از هر استفاده کننده به دست آید [۱۰ و ۱۱ و ۱۲]. در ادامه، محققان بسیاری نظیر ین و لافوونگپنیچ [۱۳] و دپالما و لیندسی [۱۴] مسئله اولین-بهترین را مطالعه کرده‌اند.

۴- قیمت‌گذاری اولین- بهترین

در قیمت‌گذاری اولین- بهترین میزان عوارض برای معابر شبکه به گونه‌ای تعیین می‌شوند که جریان تعادل سیستم در شرایط تقاضای ثابت برقرار گردد. در ادامه فرض کنید:

A	مجموعه کمان‌ها،
M	مجموعه انواع وسایل نقلیه به جز اتوبوس،
x_a^m	جریان همسنگ سواری در کمان $a \in A$ (وسیله نقلیه بر ساعت)،
x	بردار جریان همه وسایل در کمان‌های شبکه،
X	مجموعه همه جریان‌های پایدار و غیرپایدار در شبکه،
\hat{x}	جریان تعادل استفاده‌کننده،
\tilde{x}	جریان تعادل سیستم،
x_a	جریان همسنگ همه وسایل نقلیه به جز اتوبوس (همسنگ سواری بر ساعت)،
$t_a(x_a)$	تابع زمان سفر کمان $a \in A$ برای وسایل نقلیه همسنگ سواری،
$\tau_a(\hat{x}_a)$	زمان سفر ثابت کمان $a \in A$ برای اتوبوس (بر حسب جریان تعادل استفاده‌کننده)،
$TT(x)$	کل زمان سفر (وسیله نقلیه- ساعت) برای جریان $x \in X$:

$$TT(x) = \sum_{a \in A} x_a \cdot t_a(x_a) \quad (1)$$

جریان تعادل استفاده‌کننده لزوماً کل زمان سفر توسط وسایل نقلیه را حداقل نمی‌کند، بلکه در نوعی جریان ناپایدار - که در شرایط تقاضای ثابت تعادل سیستم نامیده می‌شود- کل زمان سفر وسایل نقلیه (کل وسیله- ساعت) به کمترین مقدار خود در بین تمام جریان‌های پایدار و غیرپایدار می‌رسد، یا

$$TT(\tilde{x}) \leq TT(x) \quad \forall x \in X. \quad (1)$$

در نتیجه، کل زمان سفر در حالت تعادل سیستم از کل زمان سفر در حالت تعادل استفاده‌کننده نیز کمتر می‌شود:

$$TT(\tilde{x}) \leq TT(\hat{x}) \quad (2)$$

در شرایط تقاضای ثابت، برای تعیین جریان تعادل استفاده‌کننده معمولاً از روش‌های تخصیص ترافیک مثل روش فرانک- ولف [۱۴] استفاده می‌شود. یافتن جریان تعادل سیستم \tilde{x} نیز با استفاده از همین روش‌ها ممکن است منتها باید به جای توابع زمان سفر متوسط $t_a(x_a)$ باید از توابع زمان سفر حاشیه‌ای $\tilde{t}_a(x_a)$ به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$\tilde{t}_a(x) = t_a(x_a) + x \cdot dt_a(x_a)/x_a \quad (3)$$

از نظر تئوری، جریان تعادل سیستم با اعمال سیاست‌هایی از جمله قیمت‌گذاری معبر و هدایت مسیر قابل‌دستیابی است. با تدقیق این نوع سیاست‌ها می‌توان مسیرهای حرکت برخی یا تمام وسایل نقلیه را آنگونه عوض کرد که حاصل آنها نزدیک به جریان تعادل سیستم شود. در روش‌های قیمت‌گذاری معبر، معادل ریالی بخش دوم تابع زمان سفر حاشیه‌ای هر کمان a یعنی $x \cdot dt_a(x_a)/x_a$ از هر وسیله‌نقلیه اخذ می‌شود. بدین ترتیب استفاده‌کنندگان مسیرهای خود را به سمت تعادل سیستم تغییر می‌دهند.

۵- نحوه محاسبه شاخص‌های عملکردی و زیست‌محیطی برای شبکه تهران

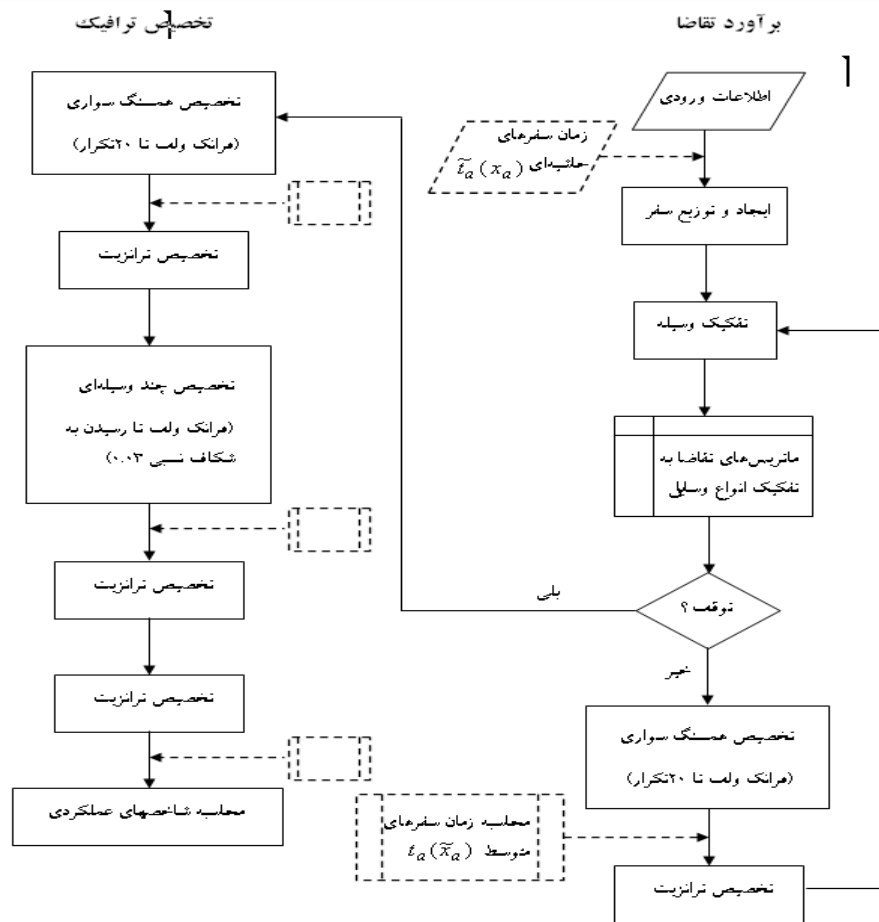
در این بخش نحوه محاسبه شاخص‌های عملکردی و زیست‌محیطی شبکه شهر تهران در دو حالت بدون قیمت‌گذاری و با قیمت‌گذاری شبکه ارائه می‌شود. شاخص‌های عملکردی مورد بررسی به شرح زیر است:

- کل زمان سفر بر حسب وسیله‌نقلیه- ساعت،
- کل مسافت طی شده بر حسب وسیله‌نقلیه- کیلومتر،
- سرعت متوسط،
- کل نشر منواکسیدکربن بر حسب کیلوگرم، و
- کل مصرف بنزین بر حسب لیتر.

نظر عمومی متخصصان حمل‌ونقل معمولاً این است که در تعادل سیستم، اگرچه طول سفرها مقداری افزایش خواهد یافت، ولی در عوض با کاهش قابل ملاحظه کل زمان سفر، سرعت متوسط شبکه زیاد می‌شود. به علاوه، با افزایش سرعت متوسط (و با توجه به آنکه سرعت در سال ۸۳ حدود ۲۸ کیلوگرم بر ساعت بود) نشر منواکسیدکربن و مصرف بنزین نیز هر دو کاهش می‌یابند. این مقاله بر آن است تا درستی این نظر را برای سیستم حمل‌ونقل تهران بررسی کند.

جریان تعادل استفاده‌کننده در کمانهای شبکه تهران با استفاده از یک فرآیند تخصیص ترافیک برای هر افق زمانی قابل برآورد است. این فرآیند حاصل مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران است که در سال ۱۳۷۳ آغاز شد و در سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۹ بازنگری و اصلاح شد. این فرآیند شامل مجموعه‌ای از مدل‌های برآورد تقاضا و تخصیص ترافیک است که در محیط نرم افزار EMME تحت عنوان سیستم ایجاد سناریو پیاده سازی شده است. ورودی‌های این سیستم شامل اطلاعات اقتصادی- اجتماعی نواحی ترافیکی، اطلاعات شبکه معابر و اطلاعات سیستم حمل و نقل همگانی، و خروجی‌های آن، علاوه بر جریان انواع وسایل نقلیه در شبکه، شامل انواع شاخص‌های عملکردی و زیست‌محیطی

سیستم است. خطوط ممتد شکل ۱ فلوجارت خلاصه شده‌ای از فرآیند فوق است.



شکل ۱: فرآیند تخصیص ترافیک شهر تهران

همانگونه که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، فرآیند تخصیص ترافیک در مطالعات جامع تهران شامل دو بار تخصیص سواری و سه بار تخصیص حمل و نقل همگانی است، که به ترتیب با الگوریتم‌های فرانک-ولف و استراتژی بهینه انجام می‌شوند. هدف از اجرای این فرآیند تکراری دستیابی به جواب‌هایی با دقت مناسب است. اطلاعات بیشتر در این خصوص در مرجع [۱۶] موجود است. در این فرآیند، تخصیص سواری با توابع زمان سفر متوسط $t_a(x_a)$ انجام شده و جریان تعادل استفاده‌کننده در کمان‌های شبکه (\hat{x}) را نتیجه می‌دهد. به علاوه، تخصیص سواری دوم یک تخصیص چندوسیله‌ای است که جریان تعادل استفاده‌کننده به تفکیک انواع وسایل نقلیه محاسبه می‌کند. برای دستیابی به جریان در حالت اولین-بهترین قیمت گذاری اعمال تغییرات زیر در فرآیند فوق لازم

است:

- اجرای تخصیص سواری با در نظرگیری توابع زمان سفرهای حاشیه‌ای $\tilde{t}_a(x_a)$ و تعیین جریان تعادل سیستم (\tilde{x})
 - محاسبه زمان سفرهای متوسط در جریان تعادل سیستم $(t_a(\tilde{x}_a))$
 - محاسبه شاخص‌های عملکردی بر اساس زمان سفرهای $t_a(\tilde{x}_a)$
- موارد فوق را می‌توان با در نظرگیری خط چین‌ها در فلوچارت شکل ۱ اعمال کرد. شایان ذکر است که زمان سفرهای $t_a(\tilde{x}_a)$ به سادگی در نرم‌افزار EMME قابل محاسبه است. بدین شرح که مقادیر \tilde{x}_a به عنوان جریان‌های ثابت در کمان‌ها فرض شده و سپس با در نظرگیری توابع زمان سفر $t_a(x_a)$ و تخصیص ماتریس صفر به شبکه مقادیر $t_a(\tilde{x}_a)$ بدست می‌آیند. از آنجاکه دقت هر دو جواب تعادل استفاده‌کننده و تعادل سیستم معادل شکاف نسبی ۳ درصد تعیین شده است، این دو جواب با یکدیگر قابل مقایسه خواهند بود.

۶- نتایج عددی

در این بخش شاخص‌های عملکردی و زیست‌محیطی شبکه معابر تهران برای سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۹۰، ۱۳۹۵، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۵، در دو حالت بدون و با قیمت‌گذاری با استفاده از روش ارایه شده در بخش ۵ محاسبه و ارزیابی می‌شوند.

جدول ۱ شاخص کل زمان سفر برای شبکه تهران را در دو حالت بدون و با اعمال سیاست قیمت‌گذاری برای سال‌های مختلف نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری، کل زمان سفر، به جز در سال پایه (۱۳۸۳) که حدود ۰/۱ درصد کاهش یافته، در سال‌های دیگر افزایش می‌یابد و این افزایش با گذر زمان بیشتر می‌شود تا در نهایت در افق ۱۴۰۵ به بیش از ۳ درصد می‌رسد. شاید افزایش کل زمان سفر در نگاه اول با توجه به رابطه (۲) منطقی به نظر نرسد، ولی این افزایش با توجه به استفاده از مدل‌های تقاضای سفر (تقاضای غیر ثابت) در فرایند تخصیص ترافیک شهر تهران قابل توضیح است. در واقع، پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری، زمان سفر متوسط بین زوج‌های مبدا- مقصد کاهش می‌یابد که به نوبه خود موجب افزایش تقاضای سفر با وسایل نقلیه شخصی و در نتیجه افزایش کل زمان سفر می‌شود.

جدول ۳ نشان می‌دهد که کل مسافت طی شده وسایل نقلیه در تمام سال‌ها پس از قیمت‌گذاری شبکه در حدود ۳ درصد افزایش یافته است. این افزایش می‌تواند دو دلیل داشته باشد که اولی افزایش استفاده از وسایل نقلیه شخصی، و دومی افزایش متوسط طول سفرها به واسطه قیمت‌گذاری است.

جدول ۱: کل زمان سفر در شبکه تهران (وسیله نقلیه-ساعت) قبل و پس از قیمت گذاری اولین-بهترین

سال	وضع موجود	قیمت گذاری	درصد افزایش
۱۳۸۳	۱۷۵۲۵۶	۱۷۵۰۶۰	- ۰/۱۱
۱۳۹۰	۲۱۱۴۶۸	۲۱۳۱۶۵	۰/۸۰
۱۳۹۵	۲۳۷۳۸۲	۲۳۹۸۳۷	۱/۰۳
۱۴۰۰	۲۵۹۹۹۵	۲۶۴۵۵۲	۱/۷۵
۱۴۰۵	۲۷۸۴۰۰	۲۸۶۹۱۰	۳/۰۶

جدول ۲: کل مسافت طی شده در شبکه تهران (وسیله نقلیه-کیلومتر) قبل و پس از قیمت گذاری اولین-بهترین

سال	وضع موجود	قیمت گذاری	درصد افزایش
۱۳۸۳	4408237	4540576	۳/۰۰
۱۳۹۰	4874108	5030626	۳/۲۱
۱۳۹۵	5160650	5321299	۳/۱۱
۱۴۰۰	5421993	5592316	۳/۱۴
۱۴۰۵	5634254	5831453	۳/۵۰

جدول ۳ نشان می‌دهد که پس از قیمت گذاری شبکه، متوسط سرعت وسایل نقلیه در سال پایه ۱۳۸۳ با افزایشی معادل ۳ درصد از ۲۸/۳ به ۲۹/۲ کیلومتر بر ساعت می‌رسد، که مطابق انتظار قبلی است. ولی این افزایش سرعت در طی زمان کاهش می‌یابد تا در نهایت در افق ۱۴۰۵ به کمتر از ۰/۵ درصد می‌رسد.

جدول ۳: متوسط سرعت در شبکه تهران (کیلومتر بر ساعت) قبل و پس از قیمت گذاری اولین-بهترین

سال	وضع موجود	قیمت گذاری	درصد افزایش
۱۳۸۳	۲۸/۳	۲۹/۲	۳/۱۸
۱۳۹۰	۲۵/۹	۲۶/۵	۲/۳۲
۱۳۹۵	۲۴/۴	۲۴/۹	۲/۰۵
۱۴۰۰	۲۳/۴	۲۳/۷	۱/۲۸
۱۴۰۵	۲۲/۸	۲۲/۹	۰/۴۴

جدول ۴ نشان می‌دهد که نشر آلاینده منواکسید کربن در سال پایه پس از قیمت گذاری شبکه در حدود ۰/۵ درصد افزایش می‌یابد، و این درصد افزایش با گذر زمان زیاد می‌شود تا آنکه در سال ۱۴۰۵ به ۱/۳۸ درصد می‌رسد. جدول ۵ نیز نشان می‌دهد که مصرف بنزین در شبکه پایه پس از قیمت گذاری به میزان ۲/۳۹ درصد زیاد می‌شود و این درصد، همچون نشر منواکسید کربن، در گذر زمان دارای روندی افزایشی بوده و در سال ۱۴۰۵ به حدود ۵ درصد می‌رسد.

جدول ۴: نشر منواکسید کربن در شبکه تهران (کیلوگرم) قبل و پس از قیمت گذاری اولین-بهترین

سال	وضع موجود	قیمت گذاری	درصد افزایش
۱۳۸۳	۲۳۴۰۱۶	۲۳۵۱۴۸	۰/۴۸
۱۳۹۰	۲۷۰۳۴۴	۲۷۲۸۷۱	۰/۹۳
۱۳۹۵	۲۹۴۸۳۶	۲۹۷۴۶۸	۰/۸۹
۱۴۰۰	۳۱۴۶۵۶	۳۱۹۰۰۲	۱/۳۸
۱۴۰۵	۳۳۱۹۶۹	۳۳۹۴۴۵	۲/۲۵

جدول ۵: مصرف بنزین در شبکه تهران (لیتر) قبل و پس از قیمت گذاری اولین-بهترین

سال	وضع موجود	قیمت گذاری	درصد افزایش
۱۳۸۳	۶۷۴۷۰۱	۶۹۰۸۳۳	۲/۳۹
۱۳۹۰	۷۷۰۰۱۱	۷۹۲۳۷۴	۲/۹۰
۱۳۹۵	۸۳۶۷۳۸	۸۶۱۴۷۳	۲/۹۶
۱۴۰۰	۸۸۸۶۹۶	۹۲۰۱۰۵	۳/۵۳
۱۴۰۵	۹۲۷۰۶۹	۹۷۳۲۰۹	۴/۹۸

۷- نتیجه گیری

در این مقاله تاثیر اعمال سیاست اولین-بهترین قیمت گذاری بر شاخص‌های عملکردی و زیست‌محیطی شبکه شهر تهران در سالهای ۱۳۸۳، ۱۳۹۰، ۱۳۹۵، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۵ ارزیابی شد. برای این منظور ابتدا جریان در کمانهای شبکه در هر دو حالت بدون و با قیمت گذاری شبکه توسط فرآیند تخصیص ترافیک شهر تهران تعیین و سپس شاخص‌های عملکردی فوق در این دو حالت محاسبه شدند. نتایج نشان دادند که شاخص‌های مسافت طی شده و متوسط سرعت در شبکه پس از قیمت



گذاری افزایش می‌یابند، ولی همزمان نشر منواکسید کربن و مصرف سوخت نیز زیاد می‌شود. در واقع، پس از اعمال اولین-بهترین قیمت گذاری، هر چند کارایی شبکه معابر با افزایش سرعت وسایل نقلیه زیاد می‌شود، ولی شاخصهای زیست‌محیطی شبکه نیز همزمان زیاد می‌شوند. به عبارت دیگر شاخص عملکردی با شاخصهای زیست‌محیطی ناسازگارند. این نتایج نشان می‌دهند که اعمال سیاستهای حمل و نقلی، و به طور خاص قیمت گذاری شبکه، بدون در نظرگیری شاخصهای زیست‌محیطی ممکن است وضعیت شبکه را بدتر کند.

۸- مراجع

- 1- Wu D, Yin Y, Lawphongpanich S, Yang H., 2012, Design of More Equitable Congestion Pricing and Tradable Credit Schemes for Multimodal Transportation Network. *Transportation Research Part B*, 46, pp. 1273-1287.
- 2- Duranton G, Turner M., 2011, The Fundamental Law of Road Congestion: Evidence from US Cities. *American Economic Review*, 101 (6), pp. 2016-2052.
- 3- Goodwin P, Noland RB., 2003, Building New Roads Really Does Create Extra Traffic: A Response to Prakash et al.. *Applied Economics*, 35 (13), pp. 1451-1457.
- 4- Knight, F.H., 1924, Some Fallacies in the Interpretation of Social Costs. *Quarterly Journal of Economics*, 38, pp. 582-606.
- 5- Verhoef, E.T., 1996, *The Economics of Regulating Road Transport*. Cheltenham, U.K.
- 6- Walters, A.A., 1961, The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion. *Econometrica*, 29, pp. 676-699.
- 7- Vickrey, W., 1993, Point of View: Principles and Applications of Congestion Pricing. *TRNews* 167, pp. 4-5.
- 8- Evans, A.W., 1992, Road Congestion Pricing: When Is It a Good Policy? *Journal of Transport Economics and Policy*, 26, pp. 213-243.
- 9- Hills, P., 1993, Road Congestion Pricing: When Is It a Good Policy? *Journal of Transport Economics and Policy*, 27, pp. 91-99.
- 10- Dafermos, S.C. and Sparrow, F.T., 1969, The Traffic Assignment Problem for a General Network. *Journal of Research of the National Bureau of Standards* 73B, pp. 91-118.
- 11- Dafermos, S.C. and Sparrow, F.T., 1971, Optimal Resource Allocation and Toll Patterns in User-Optimized Transport Network. *Journal of Transport Economics and Policy*, 5, pp. 198-200.
- 12- Beckmann, M.J., 1965, On Optimal Tolls for Highways, Tunnels and Bridges. In: *Vehicular Traffic Science* (eds., Herman L.C. and Rothery R.). Elsevier, New York, pp. 331-341.
- 1۳- Yin, Y., Lawphongpanich, S, 2009, Alternative Marginal-Cost Pricing for Road Networks, *Netnomics*, 10, pp. 77-83.
- ۱۴- De Palma, A., Lindsey, R., 2004, Congestion Pricing with Heterogeneous travelers: A General-Equilibrium Welfare Analysis, *Networks and Spatial Economics*, 4, pp. 135-160.
- 1۵- M. Frank, and P. Wolf, 1956, An algorithm for quadratic programming, *Naval Research Logistics Quarterly*, 3(1-2), pp. 95-110.
- ۱۶- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۱، سیستم ایجاد سناریو و تولید گزارش، گزارش شماره ۴۱۲.

Effects of First-Best Pricing on Performance and Environmental Measures of Tehran's Transportation Network

Abbas Babazadeh¹, Seyed Ebrahim Abdolmanafi²

1- Assistant Professor, School of Civil Engineering, University of Tehran

2- PhD Candidate, Iran University of Science and Technology

Abstract

Urban transportation planning aims to proposing a number of policies for improving the performance measures like travel time, travel length, and average travel speed, and decreasing the environmental measures like CO emission and gas consumption. The road pricing policies are among those policies that allow the capacity of the system be better utilized. In such policies, users' behavior are arranged to drive a user equilibrium vehicular flow pattern toward a system optimum insofar as is possible. This yields the travel speed to be increased, a more desirable situation in view of the transportation planning goals. On the contrary, there is a focal question that if the environmental measures are accordingly improved? The aim of the paper is to answer to this question for the transportation system of Tehran. The models calibrated in Tehran's 4-Step planning procedure are used to estimate the performance and environmental measures, before and after applying the first-best scheme. The models are implemented within the scenario creator system of Tehran and executed using EMME software. The results reveal that CO emission and gas consumption may increase when the road pricing is applied.

Keywords: *Transportation system, User Equilibrium, First-best pricing, Environmental measure.*