Archive of SID

قیمت گذاری بهینه حمل‌ونقل درون شهری
(مطالعه موردی: شهر اصفهان)

علی‌اکبر عرب‌مازار*، استاد، دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
ملیحه پورپیرعلی، دانشجوی دکتری، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a-arabmazar@sbu.ac.ir
دریافت: ۱۳۹٤/۰٤/۳۰ – پذیرش: ۱۳۹٤/۱۰/۱۵

چکیده

در این مطالعه روشی برای قیمت‌گذاری بهینه حمل‌ونقل درون شهری با در نظر گرفتن پیامدهای خارجی حمل‌ونقل ارایه شده است. مدل ارایه شده یک مدل تعادل جزئی ایستا از حمل‌ونقل مسافر شهری است که شامل سه حالت خودرو شخصی، حمل‌ونقل عمومی و تاکسی می‌باشد. حمل‌ونقل عمومی شامل سیستم اتوبوسرانی شهری است که توسط بخش عمومی مدیریت می‌شود. مدل ارایه شده در این مطالعه با استفاده از اطلاعات شبکه حمل‌ونقل شهر اصفهان در سال ۱۳۸۹ اجرا گردیده که نتایج آن ارایه شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که نرخ قیمت بهینه برای خودرو شخصی ۸۵۱/۶۷ است، در حالی‌که نرخ قیمت بهینه برای حمل‌ونقل عمومی و تاکسی به ترتیب برابر با ۱۲۹/۳۱ و ۱۸۷۶/۵۲ است. با توجه به نتایج تحقیق، قیمت‌گذاری بهینه موجب افزایش نرخ قیمت سفر توسط خودرو شخصی و تاکسی و همچنین موجب کاهش نرخ قیمت سفر به وسیله حمل‌ونقل عمومی، نسبت به قیمت‌های موجود، شده است.

واژه‌های کلیدی: حمل‌ونقل درون شهری، قیمت‌گذاری بهینه، پیامد خارجی، هزینه اجتماعی
طبقه بندی JEL: H23، R41، R48

۱- مقدمه

افزایش جمعیت و رشد اقتصادی موجب افزایش تقاضای حمل‌ونقل در شهرها گشته است. از طرفی افزایش بی رویه‌ی سفر موجب ازدحام در سیستم‌های حمل‌ونقل و افزایش ترافیک در خیابان‌ها شده است. این شلوغی و ازدحام مشکلات جدی اقتصادی و زیست محیطی نظیر زمان تلف شده در شبکه حمل‌ونقل، هزینه آلودگی هوا و سر و صدا را در پی داشته است. از جمله راهکارهایی که برای پاسخ به حجم بالای تقاضا از آن استفاده شده است توسعه‌ی زیرساخت‌های حمل‌ونقلی و افزایش عرضه سیستم حمل‌ونقل عمومی بوده است. برای مثال می‌توان به ورود سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی انبوه‌بر سریع مانند قطار شهری و اتوبوس تندرو به سیستم حمل‌ونقل درون شهری اشاره کرد.

اما به دلیل رشد سریع استفاده از وسایل نقلیه خصوصی در مقایسه با ترابری‌های همگانی، تقاضا برای سطح شبکه خیابان‌های شهر به نحو قابل توجهی نسبت به عرضه آن فزونی یافته و در نتیجه‌ی این عدم تناسب بین عرضه و تقاضای سطح خیابان‌ها، تراکم خیابان‌ها به عنوان یک معضل شهری باعث ایجاد اثرات نامطلوبی در سطح شهر گشته است. بنابراین باید به دنبال راهکارهای دیگری به جز افزایش عرضه حمل‌ونقل همگانی بود. راهکاری که بتوان با استفاده از آن هزینه‌های خارجی ناشی از استفاده از وسایل نقلیه مانند آلودگی هوا، ازدحام و تصادفات را نیز کاهش داد. سیاست‌های قیمت‌گذاری از جمله راهکارهایی است که امروزه به آن توجه خاص شده است.

در واقع استراتژی‌های قیمت‌گذاری براصل آگاه ساختن مصرف کننده از هزینه‌هایی که با ورود به سیستم، به سایر

* - نویسنده مسئول

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف‌کنندگان وارد می کند، استوار است و بهترین راه برای اعمال این سیاست‌ها گرفتن این هزینه از مصرف کننده است. بسیاری از هزینه‌های خارجی شامل هزینه‌های آلودگی هوا، ترافیک وتصادف به صورت مستقیم از استفاده کنندگان داخل سیستم دریافت نمی‌شود. انتظار می‌رود با دریافت عوارض از خودروهای شخصی نه تنها از جذابیّت استفاده از خودروهای شخصی کاسته شود، که حتی موجب ایجاد منبع درآمدی برای تأمین مالی سایر پروژه‌های حمل‌ونقلی شود.

علاوه بر این، استراتژی‌های قیمت‌گذاری سیاست‌گذاران سیستم حمل‌ونقل را در رسیدن به اهدافی مانند اصلاح رفتار مصرف کنندگان در انتخاب نوع وسیله نقلیه، کاهش اثرات مخرّب زیست محیطی، وهمچنین ایجاد درآمد برای تأمین مالی سایر پروژه‌های حمل ونقلی یاری می‌کند و در نهایت قیمت‌گذاری بهینه سیستم حمل‌ونقل، باعث بهبود کارایی سیستم حمل‌ونقل درون شهری می‌شود.

در مطالعه حاضر یک مدل قیمت‌گذاری یکپارچه ارائه شده است، به گونه‌ای که بتوان کل سیستم حمل‌ونقل یک شهر را قیمت‌گذاری کرد. علاوه بر آن، استفاده کنندگان از سیستم حمل‌ونقل، قیمتی بر اساس هزینه اجتماعی خود پرداخت می‌کنند. به دلیل اینکه داده‌های منتشر شده توسط معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهر اصفهان به تفکیک دوره اوج ترافیک و غیر اوج ترافیک نمی‌باشد، در این مقاله قیمت‌های حمل‌ونقل به تفکیک دوره اوج و غیر اوج ترافیک برآورد نشده است.

۲- پیشینه تحقیق

دی بورگر و همکاران (De Borger et al., 1996) درمطالعه خود، به تعیین قیمت‌های بهینه حمل‌ونقل در نواحی شهری بلژیک پرداخته‌اند. مدل مورد بررسی در این مقاله، یک مدل تعادل جزئی ایستا است که بر اساس دو حالت خودرو شخصی و حمل‌ونقل عمومی، شامل اتوبوس و تراموا، طراحی شده و برای هر دو حالت بین دوره‌ی اوج و غیر اوج ترافیک تمایز قائل شده است. فرض شده است که شرکت ارایه کننده‌ی حمل ونقل عمومی، عرضه‌ی حمل‌ونقل عمومی را با توجه به سطح تقاضا تعدیل می‌کند. یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد که قیمت گذاری بهینه موجب کاهش هزینه اجتماعی نهایی و همچنین موجب افزایش تقاضا برای حمل‌ونقل عمومی می‌شود. دی بورگر و واترز (De Borger and Wouters, 1998) در مقاله خود به تعیین قیمت‌های بهینه حمل‌ونقل و همچنین عرضه بهینه حمل‌ونقل عمومی در نواحی شهری بلژیک پرداخته‌اند. در این مقاله عرضه حمل‌ونقل عمومی به صورت مستقیم وارد تابع مطلوبیت مصرف کننده شده است. با توجه به نتایج مطالعه، قیمت‌های بهینه برای خودرو شخصی به طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از قیمت‌های فعلی می‌باشد، در حالی که قیمت‌های بهینه برای حمل‌ونقل عمومی که با تصمیمات بهینه عرضه ترکیب شده، در هر دو دوره به طور قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از قیمت‌های فعلی می‌باشد.

پروست و ون دندر (Proost and Van dender, 2008) در مطالعه خود به بررسی اثرات قیمت‌های بهینه حمل ونقل شهری در بروکسل و لندن با تمرکز بر روی سهم اثرات خارجی، صرفه های ناشی از تراکم و عدم کارایی بخش‌هایی به جز حمل‌ونقل، به بررسی قیمت‌گذاری بهینه و اثرات آن پرداخته‌اند. سیستم حمل ونقل شهری مورد مطالعه در این مقاله شامل خودرو شخصی و حمل ونقل عمومی (اتوبوس و مترو) می‌باشد که در دو دوره اوج و غیر اوج مورد بررسی قرار گرفته است. قیمت‌گذاری بهینه حمل ونقل موجب افزایش تقاضا برای حمل ونقل عمومی در دوره اوج ترافیک شده است.

پاری و تیملسینا (Parry and Timilsina, 2010) در مطالعه خود از یک مدل شبیه‌سازی تحلیلی برای قیمت‌گذاری بهینه سیستم حمل‌ونقل شهری مکزیکوسیتی و تعیین مالیات بر سوخت استفاده کرده‌اند. در مدل مورد مطالعه، سفر به وسیله خودرو شخصی، مینی‌بوس، اتوبوس و قطارشهری، به‌علاوه هزینه‌های خارجی ناشی از آلودگی هوا، ازدحام وتصادفات جاده‌ای درنظرگرفته شده است. بر اساس یافته‌های تحقیق وضع مالیات بر بنزین منجر به سطح رفاه بالاتری نسبت به وضع عوارض بر روی خودروهای شخصی و اصلاح نرخ کرایه حمل ونقل عمومی می‌شود.

۳- ارایه مدل تئوریک

در این بخش یک مدل تعادل جزئی ایستا از بازار حمل‌ونقل مسافر شهری ارایه خواهد شد. مدل تدوین شده شامل سه حالت حمل‌ونقل است: خودرو شخصی، تاکسی و حمل‌ونقل عمومی. حمل‌ونقل عمومی شامل سیستم اتوبوسرانی شهری است. نمادهای استفاده شده به صورت زیر می‌باشد: $i=1$ نماد خودرو شخصی، $i=2$ نماد حمل‌ونقل عمومی و $i=3$ نماد

www.SID.ir

Archive of SID

تاکسی است.

مدل ارائه شده به این صورت است که گرداننده سیستم حمل‌ونقل، سیستم را به گونه‌ای قیمت‌گذاری می‌کند که رفاه جامعه ناشی از بخش حمل‌ونقل حداکثر شود. مسئله بیشینه سازی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\underset{p^1,p^2,p^3}{Max} \quad W = V(.) + \left[\sum_{i=1}^{2}(p^i X^i - C^i) - FC\right] + (p^3 X^3 - C^3) \quad (۱)$$

در رابطه فوق نمادهای W تابع رفاه کل جامعه، $V(.)$ تابع مطلوبیت غیر مستقیم مصرف کننده نوعی، p^i قیمت سرویس حمل‌ونقل iام، C^i هزینه کارکرد سرویس حمل‌ونقل iام و X^i تقاضا برای سرویس حمل‌ونقل iام است. عبارت دوم در رابطه (۱) نشان دهنده درآمد جامعه ناشی از فعالیت بخش عمومی در زمینه حمل‌ونقل است. عبارت سوم در رابطه (۱) نیز نمایانگر تابع سود تاکسی است. در ادامه در مورد اجزاء تابع رفاه کل توضیحات کامل ارائه خواهد شد.

۳-۱- استخراج تابع مطلوبیت غیر مستقیم

ابتدا یک مصرف کننده نوعی در نظر گرفته می‌شود. شکل گسترده تابع مطلوبیت مصرف کننده نوعی به صورت تابعی از یک کالای ترکیبی z، مصرف فرد از سه نوع سرویس حمل‌ونقل x^i (تعداد کیلومترهایی که فرد به وسیله سرویس iام جابه‌جا می‌شود) و مجموعه دیگری از متغیرها که نشان دهنده اثرات خارجی ناشی از استفاده از سرویس‌های حمل‌ونقل است، تعریف می‌شود:

$$U = U(z, x^1, x^2, x^3, t^1, t^2, t^3, E, CA^1, CA^2, CA^3) \quad (۲)$$

که در آن t^i متوسط زمان جابجایی توسط سرویس حمل‌ونقل iام، E شاخص سطح آلودگی هوا و CA^i نشان دهنده تعداد تصادفاتی است که سرویس iام در آن مقصر بوده است.

مقادیر t^i، E و CA^i به حجم ترافیک بستگی دارند، که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$t^i = t^i(Q^1, Q^2, Q^3) \quad (۳)$$ برای تمام iها

درحالیکه Q^i تعداد کل وسیله نقلیه-کیلومتر جابه‌جا شده از نوع سرویس iام است. در رابطه (۳) علامت مشتقات جزئی مثبت است، به این معنی که متوسط زمان سفر با افزایش Q^i افزایش می‌یابد. شاخص سطح آلودگی هوا به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E = a + \sum_{i=1}^{3} CE^i(Q^i) \quad (۴)$$

CE^i آلودگی هوا ناشی از سرویس حمل‌ونقل iام است که رابطه مستقیم با Q^i دارد. در نهایت تعداد تصادفاتی که سرویس iام در آن شرکت داشته به صورت زیر تعریف شده است:

$$CA^i = CA^i(Q^1, Q^2, Q^3) \quad (۵)$$

درحالیکه تعداد تصادفات نیز با حجم ترافیک رابطه مستقیم دارد. رابطه بین وسیله نقلیه-کیلومتر و مسافر-کیلومتر نیز به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Q^i = Q^i(X^i) \quad (۶)$$ برای تمام iها

X^i تعداد کل مسافر-کیلومتری است که به وسیله سرویس iام جابجا شده است.

با استفاده از روابط فوق، می‌توان تابع مطلوبیت فرد را به شکل تقلیل یافته به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$u = u(z, x^1, x^2, x^3, X^1, X^2, X^3) \quad (۷)$$

X^iها به عنوان پارامترهای برون‌زا برای فرد در نظر گرفته می‌شود. حال محدودیت بودجه فرد مصرف کننده را به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Y = p^1 x^1 + p^2 x^2 + p^3 x^3 + pz \quad (۸)$$

p قیمت کالای ترکیبی، p^i قیمت سرویس حمل‌ونقل iام و Y درآمد فرد مصرف کننده است. با حداکثر کردن تابع مطلوبیت رابطه (۷) نسبت به قید بودجه رابطه (۸) می‌توان تابع تقاضا x^i و تابع مطلوبیت غیر مستقیم فرم تقلیل یافته[۱] $v(.)$ فرد را به صورت زیر به دست آورد:

$$x^i = x^i(p, p^1, p^2, p^3, Y, X^1, X^2, X^3) \quad (۹)$$

$$v = v(p, p^1, p^2, p^3, Y, X^1, X^2, X^3) \quad (۱۰)$$

تابع مطلوبیت فرم گسترده[۲] مربوطه نیز به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$V = V(p, p^1, p^2, p^3, Y, t^1, t^2, t^3, E, CA^1, CA^2, CA^3) \quad (۱۱)$$

با حل معادله (۱۰) نسبت به Y تابع هزینه فرد، g، به دست می‌آید:

(۱۲)

$$g = g(p, p^1, p^2, p^3, X^1, X^2, X^3, u)$$

www.SID.ir

Archive of SID

با استفاده از نتایج دوگان کینگ[۳] (king,1986) برای کالاهای عمومی و رابطه (۱۲) هزینه خارجی‌نهایی برابر است با:

$$mec^i = \frac{\partial g(p, p^1, p^2, p^3, X^1, X^2, X^3, u)}{\partial X^i} = -\frac{\partial V / \partial X^i}{\partial V / \partial Y} \quad (۱۳)$$

سرانجام هزینه متغیر کارکرد سرویس حمل‌ونقل iام به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C^i = C^i(X^i) \quad (۱۴)$$

هزینه کل حمل‌ونقل عمومی به صورت حاصل جمع هزینه متغیر و هزینه ثابت حمل‌ونقل عمومی FC تعریف شده است.

۳-۳- تدوین مسئله قیمت گذاری

برای قیمت‌گذاری سیستم حمل‌ونقل، رابطه (۱) را نسبت به محدودیت بودجه حمل‌ونقل عمومی بیشینه می‌کنیم:

(۱۵)

$$Max \quad p^1, p^2, p^3$$

$$W = V(.) + \left[\sum_{i=1}^{2}(p^i X^i - C^i) - FC\right] + (p^3 X^3 - C^3)$$

$$s.t.$$

$$C^2 + FC \le p^2 x^2 + D$$

در این رابطه، $V(.)$ توسط رابطه (۱۰) و X^i توسط رابطه (۹) تعریف شده است و D نشان دهنده کسری بودجه مجاز بخش حمل‌ونقل عمومی است. رابطه (۱۵) یک مدل برنامه‌ریزی غیر خطی است و برای حل آن از روش لاگرانژ استفاده می‌شود:

$$L = V(.) + \left[\sum_{i=1}^{2}(p^i X^i - C^i) - FC\right] + (p^3 X^3 - C^3) + \mu\left[C^2 + FC - p^2 X^2 - D\right] \quad (۱۶)$$

با حل رابطه (۱۶) و استفاده از اتحاد روی و نتایج دوگان کینگ شرایط بهینه‌سازی به صورت زیر بدست می‌آید:

اتحاد روی:

$$X^i = -\frac{\partial V / \partial p^i}{\partial V / \partial Y} \rightarrow \frac{\partial V}{\partial p^i} = -\frac{\partial V}{\partial Y}.X^i \quad (۱۷)$$

نتایج دوگان کینگ:

$$mec^i = \frac{\partial g}{\partial X^i} = -\frac{\partial V / \partial X^i}{\partial V / \partial Y} \rightarrow \frac{\partial V}{\partial X^i} = -mec^i.\frac{\partial V}{\partial Y} \quad (۱۸)$$

شرایط بهینه‌سازی:

$$\sigma\left(-X^j - \sum_{i=1}^{3}\frac{\partial g}{\partial X^i}X_j^i\right) + \left[-\sum_{i=1}^{2}\frac{\partial C^i}{\partial X^i}X_j^i + \sum_{i=1}^{2}p^i X_j^i + \frac{\partial p^1}{\partial p^j}X^1 + \frac{\partial p^2}{\partial p^j}X^2\right] + \left[p^3 - \frac{\partial C^3}{\partial X^3}\right]X_j^3 + \frac{\partial p^3}{\partial p^j}X^3 - \mu\left[(p^2 - \frac{\partial C^2}{\partial X^2})X_j^2 + \frac{\partial p^2}{\partial p^j}.X^2\right] = 0$$

$$j = 1,2,3 \quad (۱۹)$$

X_j^i اثر افزایش قیمت سرویس حمل‌ونقل jام را بر روی تقاضای سرویس حمل‌ونقل نوع i نشان می‌دهد. σ مطلوبیت نهایی درآمد را نشان می‌دهد که به صورت زیر تعریف شده است:

$$\sigma = \frac{\partial V}{\partial Y} \quad (۲۰)$$

فرض می‌شود مطلوبیت نهایی درآمد یک است. μ ضریب محدودیت بودجه است. سپس هزینه‌های اجتماعی نهاییِ ناشی از یک واحد اضافی X^i به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S^i = mec^i + \frac{\partial C^i}{\partial Q^i}.\frac{\partial Q^i}{\partial X^i} \quad \text{برای تمام } i\text{ها} \quad (۲۱)$$

با توجه به تعریف فوق هزینه اجتماعی نهایی یک واحد اضافی X^i برابر است با جمع هزینه نهایی خارجی (شامل آلودگی هوا، ازدحام و تصادفات جاده‌ای) و هزینه نهایی کارکردی (سوخت ، تعمیر و نگهداری و غیره). با استفاده از رابطه(۲۱)، فرم ماتریسی رابطه (۱۹) به صورت زیر نوشته می‌شود:

(۲۲)

$$\begin{bmatrix} \eta_1^1 & \eta_1^2 & \eta_1^3 \\ \eta_2^1 & \eta_2^2 & \eta_2^3 \\ \eta_3^1 & \eta_3^2 & \eta_3^3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \left[S^1 - p^1\right]X^1 \\ \left[S^2 - \mu\frac{\partial C^2}{\partial X^2} - (1+\mu)p^2\right]X^2 \\ \left[S^3 - p^3\right]X^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\mu X^2 p^2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

در رابطه فوق η_j^i نماد کشش قیمتی تقاضا برای حمل‌ونقل iام نسبت به تغییرات قیمت حمل‌ونقل jام و $\frac{\partial C^i}{\partial X^i}$ نماد هزینه نهایی کارکردی حمل‌ونقل iام (برحسب یک واحد مسافر-کیلومتر) است.

برای تخمین نرخ قیمت وسایل نقلیه نیاز به کشش‌های قیمتی حمل‌ونقل درون شهری و همچنین هزینه اجتماعی نهایی حمل‌ونقل درون شهری است. کشش‌های قیمتی از برآورد تابع تقاضای حمل‌ونقل درون شهری برای حالت‌های مختلف حمل‌ونقل به دست می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

برای برآورد تابع تقاضای حمل‌ونقل از مدل جاذبه استفاده شده است.

$$I_{od}^{i} = g(N_o)^{\alpha}(W_o)^{\beta}(t_{od}^{i})^{\eta}\prod_{j}(p_{od}^{i})^{\theta_{ij}} \qquad (۲۳)$$

در رابطه فوق I_{od}^{i} نماد تعداد سفرهای روزانه انجام شده از مبدأ o به مقصد d با استفاده از وسیله نقلیه iام، N_o نماد جمعیت ناحیه مبدأ (برحسب نفر)، W_o نماد نرخ مالکیت خودروی شخصی در ناحیه مبدأ، t_{od}^{i} نماد زمان سفر از مبدأ o به مقصد d با استفاده از وسیله نقلیه iام و p_{od}^{i} نماد هزینه سفر از مبدأ o به مقصد d با استفاده از وسیله نقلیه iام است. دو متغیر جمعیت و نرخ مالکیت خودرو شخصی به عنوان عوامل ایجاد سفر، و دو متغیر زمان سفر و هزینه سفر به عنوان عوامل باز دارنده از سفر وارد تابع تقاضای سفر شده‌اند. اگر $i = j$ باشد آنگاه θ_{ij} نشان دهنده کشش قیمتی خودی تقاضا و اگر $i \neq j$ باشد آنگاه θ_{ij} نشان دهنده کشش قیمتی متقاطع تقاضا خواهد بود.

هزینه سفر در مورد وسایل نقلیه مختلف شامل خودرو شخصی، تاکسی و اتوبوس به صورت زیرمحاسبه شده می‌شود. برای برآورد هزینه سفر توسط تاکسی ($ptaxi$) از رابطه زیر استفاده شده است (فرزاد قریشی، ۱۳۹۰):

$$ptaxi = (p_{B1389} / p_{B1379}) \qquad (۲۴)$$
$$\times\left[\min\{9/55\times timeau + 20/12\times d + 210/06, 166/66\times d\}\right]$$

در رابطه فوق $timeau$ زمان سفر به وسیله خودرو شخصی است و d نشان دهنده فاصله بین ناحیه i و j است. پارامتر P_{B1389}/P_{B1379} در مدل فوق برابر با نسبت قیمت بنزین در سال ۱۳۸۹ به قیمت بنزین در سال ۱۳۷۹ می‌باشد. در برآورد هزینه سفر با خودرو شخصی ($pcar$) باید مشخص کرد فردی که حق انتخاب بین سواری شخصی و سایر وسایل نقلیه را دارد در برآورد هزینه سفر با سواری شخصی کدام پارامترها را در نظر می‌گیرد و بدین ترتیب در مدل از آن عوامل و پارامترها استفاده کرد. به نظر می‌رسد هزینه مصرف سوخت یکی از عوامل بسیار مهم و شاید تنها عاملی است که استفاده‌کنندگان از وسیله نقلیه شخصی آن را در نظر می‌گیرند.

برای محاسبه هزینه سفر توسط خودرو شخصی، میزان مصرف سوخت در یک کیلومتر به وسیله رابطه (۲۵) محاسبه شده است.

$$q^{i}(v) = 16.57\, p^{i}(e^{0.0195v}) \Big/ v \qquad (۲۵)$$

در رابطه فوق $q^{i}(v)$ میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه نوع i در سرعت v (لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر)، p^{i} معرف میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه نوع i در سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت (لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر) و v نماد سرعت وسیله نقلیه (کیلومتر بر ساعت) است. مقدار پارامتر p^{i} برای خودرو شخصی ۱۵ (لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر) در نظر گرفته شده است (زهرا پورعبدالهی، ۱۳۸۸). با ضرب کردن نتیجه محاسبه در قیمت بنزین در سال ۱۳۸۹، هزینه سوخت برای خودرو شخصی در یک کیلومتر بدست می‌آید. در نهایت هزینه مصرف سوخت در یک کیلومتر، در فاصله بین ناحیه i و j ضرب شده و هزینه سفر توسط خودرو شخصی به دست می‌آید.

در طریقه سفر حمل‌ونقل عمومی، هزینه سفر ($pbus$) به این صورت است که برای حالت‌هایی که فاصله بین ناحیه i و j کمتر از ۱۰ کیلومتر است هزینه سفر ۵۰۰ ریال و برای فاصله‌هایی با طول بیش از ۱۰ کیلومتر هزینه سفر ۱۰۰۰ ریال می‌باشد.

۴- کاربرد مدل پیشنهادی برای شبکه حمل‌ونقل شهر اصفهان

در این بخش مدل قیمت‌گذاری پیشنهادی برای شبکه حمل‌ونقل شهر اصفهان به کار برده شده است. برای تخمین تابع تقاضا از داده‌های ۱۲ ناحیه ترافیکی شهر اصفهان که به صورت مقطعی می‌باشد استفاده شده است. به دلیل اینکه داده‌های میزان تقاضا برای تاکسی (تعداد سفرهای صورت گرفته به وسیله تاکسی) و زمان سفر به وسیله تاکسی موجود نبود تابع تقاضا برای تاکسی برآورد نشده است. از آنجایی که در هنگام جایگذاری در مدل اصلی، رابطه ۲۲، ضرایب تابع تقاضا برای تاکسی مورد نیاز است کشش قیمتی بنزین به عنوان جایگزینی برای کشش قیمتی تاکسی استفاده شده است (در برخی از مطالعات خارجی نیز در هنگام عدم وجود مقادیر کشش قیمتی تقاضا برای سفر توسط وسیله نقلیه، از کشش قیمتی سوخت اصلی وسیله نقلیه به عنوان جایگزین کشش قیمتی تقاضا استفاده شده است Ian W.H. Parry et al.,2010) و (Pedro Cantos-Sánchez et al., 2008). نتیجه حاصل از تخمین تقاضای سفر به وسیله خودرو شخصی در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ارایه شده است:

جدول ۱. نتایج حاصل از تخمین تقاضای سفر توسط خودرو شخصی و مقدار آزمون آماری t ضرایب آن

آماره t	مقدار ضریب متغیر توضیحی	نام متغیر توضیحی
۱/۷۱	۰/۰۱۹	لگاریتم جمعیت
-۱/۸۸	۰/۱۳٤	لگاریتم نرخ مالکیت خودرو شخصی
-۳/۷۷	-۰/۲۳۸	لگاریتم هزینه سفر توسط خودرو شخصی
۲/۲۱	۰/۰۵۷	لگاریتم هزینه سفر توسط تاکسی
-۲/۳۳	۰/۰٤۵	لگاریتم هزینه سفر توسط اتوبوس
-۲/۱۰	۰/۸۵۹	لگاریتم زمان سفر توسط خودرو شخصی

منبع: محاسبات تحقیق.

با توجه به آماره t تمامی ضرایب، به جز عامل جمعیت و نرخ مالکیت خودرو شخصی، معنی‌دار می‌باشند. نتایج برآورد تابع تقاضای سفر به وسیله حمل‌ونقل عمومی نیز در جدول (۲) ارایه شده است:

جدول ۲. نتایج حاصل از تخمین تقاضای سفر توسط حمل ونقل عمومی و مقدار آزمون آماری t ضرایب آن

آماره t	مقدار ضریب متغیر توضیحی	متغیر توضیحی
۲/۲۹	۰/۰۵۳	لگاریتم جمعیت
۱/۹۵	۰/٤۸	لگاریتم نرخ مالکیت خودرو شخصی
۳/۲۲	۰/۰۱٤	لگاریتم هزینه سفر توسط خودرو شخصی
۳/۰۰	۰/۰٤۲	لگاریتم هزینه سفر توسط تاکسی
-۵/۰۳	-۰/۲۷٦	لگاریتم هزینه سفر توسط اتوبوس
-۰/۳۱	-۰/۰۹	لگاریتم زمان سفر توسط حمل‌ونقل عمومی

منبع: محاسبات تحقیق

با توجه به آماره t تمامی ضرایب، به جز عامل نرخ مالکیت خودرو شخصی و زمان سفر توسط حمل‌ونقل عمومی، معنی‌دار می‌باشند.

مقادیر هزینه خارجی نهایی حمل‌ونقل درون شهری از مطالعه عرب‌مازار و پورپیرعلی (۱۳۹۱) استخراج شده است. هزینه کارکرد خودرو شخصی شامل هزینه مصرف سوخت و تعمیر و نگهداری است. هزینه مصرف سوخت از رابطه (۲۵) برآورد شده و هزینه تعمیر و نگهداری از مطالعه بابک آقابابازاده (۱۳۸٤) استخراج شده است. هزینه کارکرد تاکسی و حمل‌ونقل عمومی به ترتیب از سالنامه آماری سازمان تاکسیرانی شهرداری اصفهان (۱۳۸۹) و داده‌های سازمان اتوبوسرانی شهرداری اصفهان استخراج شده است. مقادیر مربوط به هزینه خارجی نهایی، هزینه کارکرد و هزینه نهایی اجتماعی حمل‌ونقل درون شهری در جدول (۳) ارایه شده است.

جدول ۳. هزینه نهایی اجتماعی در شهر اصفهان در سال ۱۳۸۹ (ریال مسافر-کیلومتر)

نوع وسیله نقلیه / نوع هزینه	خودرو شخصی	حمل‌ونقل عمومی	تاکسی
هزینه کارکرد	۵۲۸	۲۱۰	۱۷۰۳
هزینه خارجی	۳۳٦/۳۹	۲۰/۹۳	۱۸۵/۱۵
هزینه اجتماعی	۸٦٤/۳۹	۲۳۰/۹۳	۱۸۸۸/۱۵

منبع: مطالعه عرب‌مازار و پورپیرعلی (۱۳۹۲)

برای تخمین نرخ قیمت برای سه حالت حمل‌ونقل بااستفاده از رابطه ۲۲، از ضرایب کشش قیمتی برآورد شده در رابطه‌های ۲٦ و ۲۷، مقادیر هزینه اجتماعی ارایه شده در جدول (۱) و داده‌های تقاضای سفر برای سه حالت حمل‌ونقل برای یک روز شبکه حمل‌ونقل شهر اصفهان در سال ۱۳۸۹ استفاده شده است. نتایج مدل قیمت‌گذاری در جدول (٤) ارایه شده است.

جدول ٤. نرخ بهینه قیمت حمل‌ونقل در شهر اصفهان در سال ۱۳۸۹ (ریال مسافر-کیلومتر)

نوع وسیله نقلیه	خودرو شخصی	حمل‌ونقل عمومی	تاکسی
نرخ قیمت	۸۵۱/٦۷	۱۲۹/۳۱	۱۸۷٦/۵۲

منبع: محاسبات تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۵) نرخ قیمت‌های موجود انواع وسایل نقلیه و اختلاف بین نرخ قیمت بهینه و نرخ قیمت موجود را نشان می‌دهد.

جدول ۵. مقایسه نرخ قیمت‌های موجود و نرخ قیمت‌های بهینه (ریال مسافر-کیلومتر)

نوع وسیله نقلیه	خودرو شخصی	حمل ونقل عمومی	تاکسی
نرخ قیمت موجود	۵۲۸	۱۴۰	۱۸۳۵
اختلاف بین نرخ قیمت بهینه و نرخ قیمت موجود	۳۲۳/۶۷	-۱۰/۶۹	۴۱/۵۲

منبع: محاسبات تحقیق

نرخ قیمت موجود برای تاکسی و حمل‌ونقل عمومی نرخ کرایه پرداخت شده توسط استفاده کننده از این دو وسیله نقلیه است، همچنین نرخ قیمت موجود برای خودرو شخصی برابر با هزینه کارکرد استفاده از این وسیله نقلیه است.

۵- نتیجه‌گیری

تاکنون راهکارهای متعددی مانند مجوز طرح ترافیک و همچنین طرح تردد خودروهای پلاک زوج و فرد در شهر تهران و برخی شهرها مانند شهر مشهد و اصفهان اجرا شده است. اما افزایش روز افزون ترافیک و آلودگی هوا ناشی از حمل‌ونقل می‌تواند دلیل موجّهی برای استفاده از سیاست‌های قیمت‌گذاری بر اساس هزینه اجتماعی باشد.

در این مطالعه با استفاده از یک مدل تعادل جزئی ایستا و با در نظر گرفتن پیامدهای خارجی حمل‌ونقل به قیمت‌گذاری حمل‌ونقل مسافر شهری پرداخته شده است. مدل شامل سه حالت خودرو شخصی، حمل‌ونقل عمومی و تاکسی می‌باشد. در نهایت مدل ارایه شده بر روی شبکه حمل‌ونقل شهر اصفهان اجرا شده است. با توجه به نتایج ارایه شده در جدول (٤)، قیمت‌گذاری بر اساس هزینه اجتماعی موجب افزایش قیمت‌های پرداختی استفاده کنندگان خودرو شخصی و تاکسی شده است. همچنین براساس مقادیر جدول (۵) اختلاف بین نرخ قیمت موجود و نرخ قیمت بهینه برای استفاده کنندگان خودرو شخصی بسیار قابل توجه می‌باشد، در حالیکه قیمت‌گذاری بهینه موجب کاهش نرخ کرایه حمل‌ونقل عمومی شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق پیشنهادهای سیاستی به صورت زیر می‌باشد:

۱. با توجه به نتایج تحقیق و اختلاف شدید بین نرخ قیمت بهینه و نرخ قیمت موجود خودرو شخصی، پیشنهاد می‌شود از سیاست قیمت‌گذاری بر اساس هزینه اجتماعی و دریافت عوارض از خودرو شخصی استفاده شود.

۲. با توجه به اینکه اختلاف بین نرخ قیمت بهینه و نرخ قیمت موجود برای حمل‌ونقل عمومی منفی است، پیشنهاد می‌شود نرخ بلیط حمل‌ونقل عمومی کاهش داده شود و اینکه به بخش حمل‌ونقل عمومی یارانه بیشتری تعلق گیرد.

٦- پی‌نوشت‌ها

1. Reduced Form
2. Extensive Form
3. Duality Result of King

۷- منابع

- آقابابازاده، ب.، (١٣٨٤) "مدیریت تقاضای سفر شهری برای کاهش آلودگی هوا با قیمت‌گذاری شبکه" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.
- پورعبدالهی، ز.، (١٣٨٨) "مدیریت تقاضای سفر شهری برای کاهش آلودگی هوا با قیمت‌گذاری شبکه با تقاضای کشش پذیر" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.
- صبوری کارخانه، م، (١٣٨٦) "بررسی پیامد تعدیل قیمت فرآورده‌های عمده نفتی (سوخت‌های فسیلی) بر مصرف و هزینه بخش حمل‌ونقل جاده‌ای کشور" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- عرب‌مازار، ع. اف.، (١٣٧٠) "برنامه‌ریزی ریاضی" تهران، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول.
- عرب‌مازار، ع. اف.، پورپیرعلی، م.، (١٣٩١) "برآورد هزینه خارجی حمل‌ونقل درون شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان)"، پژوهشنامه حمل‌ونقل (شماره مقاله ١٥١٣-٩١).
- قریشی، ف.، (١٣٩٠) "بازنگری مدل انتخاب طریقه سفر ساکنان شهر اصفهان با واردکردن پارامتر هزینه سفر"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- کلباسی انارکی، ن.، (١٣٦٨) " تقاضای حمل‌ونقل شهری

www.SID.ir

Archive of SID

تهران" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

– محمدی، الف.، (۱۳۸٦) "برآورد تقاضای کل سفرهای درون شهری و تفکیک نوع وسیله نقلیه: بررسی موردی شهر تهران" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

- De Borger, B. Mayeres, I. Proost ,S. Wouters, S. (1996) "Optimal Pricing of Urban Passenger Transport A Simulation Exercise for Belgium", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 30, No. 1,pp. 31-54.

- De Borger, Bron, Wouters, Sandra (1998) "Transport Externalities and Optimal Pricing and Supply Decisions in Urban Transportation : a Simulation Analysis for Belgium", Regional Science and Urban Economics , Vol. 28, pp. 163-197.

- Goodwin,P.B. (1992) "A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to short and Long Run Effects of Price changes", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 26, No. 2, pp. 155-169.

- King, A.M. (1986)" a Pigovian rule for the optimum provision of public goods", Journal of Public Economics, Vol. 30, pp. 273-291.

- Parry, W.H Ian, Timislina, R.Govinda (2010) "How should Passenger Travel in Mexico City be Priced?", Journal of Urban Economics, Vol. 68, pp. 167-182.

- Proost, S. Van Dender, K. Sharp, D. Vickernoun R. Gibbons E. O'Mahony M. Heaney Q. Van den bergh J. Verhoef, E. (2002) "How Large is the Gap between Present and Efficient Transport Prices in Europe?" Transport Policy, Vol. 9, pp. 41-57.

- Proost, S. Van Dender, K. (2008) "Optimal urban transport pricing in the presence of congestion, economies of density and costly public funds", Transport Research Part A, Vol. 42, pp. 1220-1230.

- Sanchez, Pedro-santez. Rafael, Moner- Colonques. Jose, J.Sempere-Monerris, Oscar, Alvarez-Sanjaime (2009) "Alternative Pricing Regimes in Interurban Passenger Transport with Externalities and Modal Competition", Regional Science and Urban Economics, Vol. 39, pp. 128-137.

- Small, K.A. (2007) "The economics of urban transportation", 1th .edition, New York: Routledge.

-Schobel. A (2006) "optimization in public transportation", 1th .edition, Springer.

- Souche, S. (2010) "Measuring the structural determinants of urban travel demand", Transport Policy, Vol. 17, pp. 127-134.

www.SID.ir

Archive of SID

Optimal Pricing of Urban Passenger Transport (A Case Study: Isfahan City)

A. Arabmazar, Professor, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
M. Pourpirali, Ph.D. Student. Faculty of administrative Sciences and Economics, Isfahan University, Isfahan, Iran.

E-mail: a-arabmazar@sbu.ac.ir

ABSTRACT
In this study proposes an approach for pricing the urban transportation with the consideration of its external costs. This model is a static partial equilibrium model of urban transportation that incorporates three transport modes: private car, public transportation and taxi. The public transportation mode is an urban bus system operated by the public authority. The proposed model in this study is implemented using data set of Isfahan transportation network and the results are presented. The results of the research show that the optimal price of travel by private car is 851/67, while the optimal price of public transportation and taxi, in respect, are 129/31 and 1876/52. Considering to the results of the research, the optimal pricing will cause an increase in transportation prices of private car and taxi and also a decrease in price of travel by public transportation, in comparison to current prices.

Keyword: Urban Transportation, Optimal Pricing, Externality, Social Cost

www.SID.ir