

# بررسی تاثیر قيمت‌گذاري معابر بر شيوه انتخاب وسيله كاربران با استفاده از روش رجحان بيان شده

بابک ميربهاء<sup>۱</sup>، محمود صفارزاده<sup>۲\*</sup>، سيداحسان سيدابريشمي<sup>۳</sup>، سعيد شرافتي پور<sup>۴</sup>

۱. دانشجوي دکتری، گروه راه و ترابری، دانشگاه تربيت مدرس

۲. استاد، گروه مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه تربيت مدرس

۳. استادیار، گروه مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه تربيت مدرس

۴. کارشناسی ارشد، پژوهشکده حمل و نقل پارسه

Saffar\_m@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۳۹۱/۱۲/۲]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۲/۴/۲۳]

**چکیده** - قيمت‌گذاري تراکم به عنوان یکی از مهم‌ترین رویکردهای مدیریت تقاضا در معابر شهری مطرح است. یکی از سوالات اصلی تصمیم‌گیران در ارتباط با به کارگیری این سیاست، میزان تاثیر قيمت‌گذاري بر چگونگی انتخاب وسيله افراد و مقدار تغییر از وسيله نقلیه شخصی به سایر شیوه‌های جابه‌جایی است. در این پژوهش سعی شده است تا نسبت به اثربسجی قيمت‌گذاري تراکم بر انتخاب وسيله افراد پرداخته شود. با توجه به عدم امکان مشاهده مستقیم آثار قيمت‌گذاري از روش رجحان بيان شده برای ایجاد بانک اطلاعاتی استفاده شد. سناریوهای مختلف قيمت‌گذاري مبتنی بر روش‌های طراحی تجربی تهیه و در قالب پرسشنامه‌هایی که حاوی سوالاتی در ارتباط با مشخصات اقتصادی - اجتماعی و ویژگی‌های سفر افراد بود، از کاربران مورد پرسش قرار گرفت. با توجه به سناریوهای قيمت‌گذاري، ۴ انتخاب شامل وسيله نقلیه شخصی، حمل و نقل همگانی همگانی، تاکسی و عدم انجام سفر به کاربران ارائه شد. بیش از ۳۵۰۰ پرسشنامه جمع‌آوری و پس از اعتبارسنجی اولیه وارد بانک اطلاعاتی شد. برای مدلسازی، با توجه به ماهیت گسسته داده‌ها، از مدل لوجیت چندگانه استفاده شد و برای هر یک از انتخاب‌ها نسبت به پرداخت مدل اقدام شد. نتایج نشان داد قيمت‌گذاري می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای مدیریت تقاضای وسایل نقلیه شخصی به کار رود. به گونه‌ای که با تعیین عوارضی معادل ۳۰۰۰ تومان برای ورود به محدوده تنها ۳۵ درصد از وسایل نقلیه شخصی استفاده می‌نمایند و بقیه نسبت به تغییر وسيله یا برنامه سفر خود اقدام می‌کنند. نتایج نشان داد که ۳۰ درصد از افراد نسبت به انتخاب گزینه حمل و نقل همگانی و ۲۴ درصد نسبت به انتخاب گزینه تاکسی مبادرت می‌ورزند. در پایان وضعیت انتخاب وسيله افراد در قيمت‌های مختلف بررسی و مورد بحث قرار گرفت.

**واژگان کلیدی** - مدل انتخاب وسيله، قيمت‌گذاري تراکم، روش رجحان بيان شده

## ۱. مقدمه

افزایش استفاده از وسایل نقلیه شخصی به ویژه در بازه‌های زمانی اوج ترافیک موجب بروز مشکلاتی مانند افزایش تاخیر، انتشار CO<sub>2</sub>، آلودگی صوتی، اختلال در کارایی سیستم حمل و نقل شهری و سایر مشکلات می‌شود. بر

اساس پروژه اروپایی یونایت (EUP)<sup>۱</sup> هزینه‌های تراکم ترافیک در انگلیس ۱۵ میلیارد یورو در سال و معادل ۱/۵ درصد تولید ناخالص داخلی است. در آلمان و فرانسه به طور تخمینی این مقدار برابر ۱/۳ درصد و ۰/۹ درصد تولید ناخالص داخلی بوده است [۱]. موسسه حمل و نقل تگزاس

و شیوه‌های مختلف حمل و نقل همگانی بوده است [۳] و [۴] و کمتر مطالعه‌ای تاکنون به صورت همزمان انتخاب سایر گزینه‌های سفر و همچنین احتمال انصراف کاربران از انجام سفر را مورد بررسی قرار داده است.

در پژوهش پیش‌رو به بررسی تاثیر قیمت‌گذاری تراکم بر نحوه انتخاب وسیله کاربران پرداخته شده است. محدوده طرح ترافیک تهران برای انجام مشاهدات و برداشت نمونه‌ها انتخاب و با استفاده از روش رجحان بیان شده<sup>۳</sup> نسبت به طراحی پرسشنامه‌هایی حاوی سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری اقدام شد. در نهایت نسبت به مدلسازی انتخاب وسیله افراد و ارائه نتایج اقدام شده است. در ادامه نسبت به بیان ادبیات تحقیق در خصوص موضوع پرداخته شده است و سپس نحوه جمع‌آوری اطلاعات و شیوه مدلسازی مورد بحث قرار می‌گیرد.

## ۲. ادبیات تحقیق

در ارتباط با قیمت‌گذاری تراکم مطالعات متعددی به انجام رسیده است. بروآ و گلاچنت<sup>۴</sup> در سال ۲۰۰۸ تاثیر قیمت‌های مختلف در معابر شهر پاریس را بر تقاضای ورود افراد به محدوده ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که وقتی عوارض در حدود ۰/۷ تا ۱ یورو به ازای هر مسافر است، قیمت‌گذاری می‌تواند تا ۲۰ درصد موجب کاهش ورود به محدوده شود [۵].

شونان ژو و بن آکیوا<sup>۵</sup> در سال ۲۰۰۹ برای مدلسازی قیمت‌گذاری تراکم از روش‌های لوجیت آشیانه‌ای و لوجیت چندگانه استفاده کردند و در نهایت با مقایسه این دو، روش لوجیت چندگانه با توجه به شرایط پروژه انتخاب و استفاده شد. آن‌ها دریافتند با وجود قدرت‌مندتر بودن روش آشیانه‌ای در مقایسه با روش چندگانه در برخی موارد روش آشیانه‌ای با مشکلات جدی مواجه می‌شود. به عنوان نمونه روش

در بررسی تراکم ترافیک در شهرهای مهم ایالات متحده در سال ۲۰۰۷ نشان داد که تراکم ترافیک مقدار تأخیری در حدود ۴/۲ میلیارد ساعت و ۲/۸ میلیارد گالن مصرف سوخت اضافی با هزینه‌ای در حدود ۸۷ میلیارد دلار به بار آورده است [۲].

به طور کلی دو رویکرد افزایش عرضه و مدیریت تقاضا برای کنترل تراکم ترافیک وجود دارد. افزایش عرضه به معنای توسعه و افزایش ظرفیت معابر و سیستم‌های حمل و نقل عمومی است. اما تجربه نشان داده است که با افزایش عرضه پس از مدتی تقاضای سفر هم افزایش یافته که خود موجب افزایش دوباره تراکم خواهد شد. از طرفی افزایش عرضه نیاز به منابع اقتصادی دارد که معمولاً دولت‌ها و مسئولین شهری در تأمین آن بدون دریافت مالیات از مردم ناتوانند. یکی از مهمترین رویکردهای مورد استفاده برای مدیریت تقاضا، استفاده از روش قیمت‌گذاری معابر است [۱]. مقرر کردن عوارض برای ورود وسایل نقلیه شخصی یکی از راهکارهایی است که می‌توان از طریق آن، هم از تراکم وسایل نقلیه در این نواحی کاست و هم از درآمدهای آن برای توسعه حمل‌ونقل همگانی کارا بهره جست. قیمت‌گذاری می‌تواند موجب کاهش هزینه خارجی منفی منتج از تراکم ترافیک شود که این امر در نهایت موجب افزایش رفاه همگانی<sup>۲</sup> خواهد شد.

سیاستگذاران همواره در ارتباط با پذیرش قیمت‌گذاری تراکم، علی‌رغم اینکه اقتصاددانان همواره از آن حمایت می‌کردند، با تردید روبرو بوده‌اند. یک سوال اصلی در این زمینه وضعیت انتخاب شیوه سفر توسط کاربران در تقابل با قیمت‌های مختلف می‌باشد. در حقیقت، قیمت‌گذاری باید به نحوی انجام شود که امکان انتقال تقاضا از وسایل نقلیه شخصی به حمل و نقل همگانی و همچنین حمل و نقل نیمه همگانی را داشته باشد. تحقیقات انجام شده در این زمینه معمولاً در ارتباط با انتخاب بین وسیله نقلیه شخصی

<sup>3</sup> Stated Preference

<sup>4</sup> Bureau & Glachant

<sup>5</sup> Xu, Shunan. & Ben Akiva

<sup>2</sup> Social Welfare

مصرف کنندگان برای خرید و مصرف کالاهای بادوام همواره نسبتی از مخارج ثابت و متغیر را به عنوان شاخص و معیار مصرف قرار م دهند. برعکس کالاها و خدمات بازاری، گروهی از کالاها و خدمات فاقد بازار بوده و از این رو دارای قیمت معینی نیستند [۹]. از این رو از روش رجحان بیان شده استفاده می شود. در این روش با طراحی یک بازار فرضی برای محصول فاقد قیمت از افراد در مورد تمایل به پرداخت (WTP<sup>۸</sup>) یا تمایل به دریافت شان (WTA<sup>۹</sup>) برای بهبود یا عدم بهبود کیفی محصول مورد نظر سوال می شود.

جامعه مورد نظر در این مطالعه، کلیه مسافران به مقصد محدوده طرح ترافیک است. از آنجا که سیاست قیمت-گذاری معابر تهران در شرایط موجود اعمال نمی شود، اطلاعات مورد نیاز از طریق طراحی پرسش نامه در قالب رجحان بیان شده گردآوری شد. در این پرسش نامه با ارائه سطوح مختلف قیمت ورود به محدوده، نظر فرد مبنی بر حد آستانه قیمت ورود به محدوده که در آن، فرد تصمیم به عدم انجام سفر و یا استفاده از مد جایگزین خودروی شخصی می کند، مورد پرسش قرار می گیرد. بخش های اصلی پرسش نامه به کار رفته عبارت بودند از:

- اطلاعات مرتبط با ویژگی های فردی، اجتماعی و اقتصادی افراد،

- اطلاعات مرتبط با سفر و شیوهی حمل و نقل افراد، و

- اطلاعات مرتبط با پاسخ افراد به سیاست گذاری ها و تغییرات مدنظر مطالعه کننده.

برای پرسش شوندهگان توضیح داده شد که اخذ عوارض به ازاء هر تردد به محدوده انجام می شود. همچنین برای آنها تشریح شد که سیستم نظارت بر محدوده به نحوی عمل می کند که در صورت تخلف و ورود غیر مجاز به محدوده، متخلفین ۱۰۰ درصد احصاء می شوند. سپس هزینه تردد در محدوده طرح ترافیک برای پرسش شوندهگان بیان می شود و

آشپانه ای در مواردی که مسیرها با هم همپوشانی دارند، برای در نظرگیری همپوشانی ها با مشکل مواجه شده و ضعف نشان می دهد [۶].

سوگیانتو و همکاران<sup>۶</sup> در سال ۲۰۰۹ نسبت به بررسی تاثیر قیمت گذاری بر انتخاب شیوه سفر کردند. نتایج نشان داد که قیمت گذاری می تواند موجب انتقال تقاضا به اندازه ۶/۸ درصد از موتورسیکلت به اتوبوس شود [۷]. باندیرا و همکاران<sup>۷</sup> در سال ۲۰۱۲ با استفاده از اطلاعات برداشت شده در خصوص قیمت گذاری یک آزادراه، وضعیت تغییر مسیر کاربران را در تقابل با قیمت گذاری مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که قیمت گذاری می تواند تا حد قابل توجهی در کاهش آلاینده های NO<sub>x</sub> و CO موثر باشد [۸].

همان گونه که مشاهده می شود، مطالعات محدودی در ارتباط با بررسی تاثیر قیمت گذاری تراکم بر وضعیت انتخاب وسیله افراد انجام شده است و مطالعات انجام شده نیز در ارتباط با گزینه های محدودی انجام شده است. در این مطالعه چهار گزینه اصلی در تقابل با قیمت گذاری به کاربر ارائه شده که علاوه بر گزینه های وسیله نقلیه شخصی و حمل و نقل همگانی، به وی گزینه پارائزیت و عدم انجام سفر نیز ارائه شده است. در ادامه نسبت به تبیین روش-شناسی پژوهش اشاره شده است.

### ۳. روش شناسی تحقیق

در این بخش ابتدا روش جمع آوری اطلاعات تبیین می شود. فرآیند طراحی پرسشنامه برای برداشت اطلاعات، چگونگی تعیین تعداد نمونه و جمع آوری اطلاعات مباحثی است که در این زیربخش بحث می شود. سپس به چگونگی مدلسازی انتخاب وسیله کاربران اشاره شده است.

#### ۳-۱. جمع آوری اطلاعات با استفاده از روش SP

8 Willingness to pay  
9 Willingness to Accept

6 Sugiyanto et al  
7 Bandeira et al

از آن‌ها خواسته می‌شود تا وسیله مورد استفاده برای انجام سفر خود را انتخاب نمایند. در ارتباط با قیمت‌های تعیین شده، گزینه‌های سفر ذیل برای رانندگان مطرح شد:

گزینه ۱: پرداخت کامل عوارض، انتخاب وسیله نقلیه شخصی و انجام سفر در ساعات اوج (حفظ وضع موجود)

گزینه ۲: عدم پرداخت هزینه (انجام سفر در خارج از ساعات اعمال طرح یا عدم انجام سفر)

گزینه ۳: انتخاب تاکسی

گزینه ۴: انتخاب شیوه سفر همگانی (اتوبوس و مترو)

در هر سوال سیستم قیمت‌گذاری متفاوتی به فرد عرضه می‌شود. به منظور پوشش طیف مناسبی از هزینه‌های اخذ عوارض، چهار نوع پرسش‌نامه طراحی شد که هر یک شامل ۴ سناریوی قیمت‌گذاری است. به منظور تعیین عوارض ابتدا حدود بالا و پایین عوارض از طریق مطالعه مقادیر کنونی عوارض محدوده طرح ترافیک تعیین و سپس از طریق روش‌های علمی طراحی تجربی و با استفاده از نرم‌افزار SAS تعیین و طبقه‌بندی شد. بدین ترتیب ۱۶ سناریوی قیمت‌گذاری مورد پرسش قرار براساس آموزش‌های ارائه شده، پرسشگران به منظور آگاهی پرسش‌شونده از فواید طرح اخذ هزینه، توضیحاتی مبنی بر کاهش شلوغی، کاهش زمان سفر، کاهش آلودگی هوا و دیگر مضرات زیست‌محیطی، افزایش آسایش و زمان حضور در کنار خانواده و غیره را ارائه می‌کردند. جمعیت آماری انتخاب شده متشکل از نمونه تصادفی برگرفته از افرادی بود که دارای وسیله نقلیه شخصی برای تردد به محدوده طرح ترافیک بوده و بنابراین حداقل ۱۸ سال سن و دارای گواهینامه رانندگی بودند. آماربرداری در طی ۴ روز از روزهای کاری هفته و در ساعات ۷ صبح تا ۷ عصر انجام شد.

با توجه به سناریوهای قیمت‌گذاری، کاربران ملزم به انتخاب یکی از گزینه‌های فوق بودند. در ارتباط با گزینه‌های انتخاب سفر توسط کاربر، برای هر پرسش‌شونده یادآوری

می‌شد که هر کدام از گزینه‌های انتخاب سفر از هزینه‌های ذیل تشکیل شده‌اند:

۱- استفاده از حمل و نقل عمومی (اتوبوس و مترو): در این حالت استفاده‌کننده در برخورد با قیمت تعیین شده تصمیم به استفاده از حمل و نقل عمومی می‌کنند. این حالت می‌تواند بر اساس نوع دسترسی به حمل و نقل عمومی شامل هزینه‌های زیر باشد:

✓ بلیط اتوبوس یا مترو (در شرایطی که دسترسی به صورت پیاده انجام شود)

✓ بلیط اتوبوس یا مترو به همراه هزینه تاکسی (در شرایطی که دسترسی از/به ایستگاه حمل و نقل عمومی از طریق تاکسی انجام شود)

✓ بلیط اتوبوس یا مترو به همراه هزینه استفاده از خودروی شخصی (در شرایطی که دسترسی از/به ایستگاه حمل و نقل عمومی از طریق خودروی شخصی انجام شود)

۲- استفاده از سواری شخصی: در این حالت استفاده‌کننده در برخورد با قیمت تعیین شده همچنان تصمیم به استفاده از خودروی شخصی خود می‌کند. این حالت می‌تواند شامل هزینه‌های زیر باشد:

✓ هزینه پارکینگ

✓ هزینه سوخت

✓ هزینه عوارض تعیین شده

۳- استفاده از تاکسی: در این حالت استفاده‌کننده در مواجهه با قیمت تعیین شده تصمیم به استفاده از تاکسی می‌کند. در این حالت، هزینه‌ها تنها شامل کرایه استفاده خواهد بود.

### ۲-۳. تعیین تعداد نمونه‌ها

اطلاعات مربوط به مشخصه‌های جوامع، پیوسته مورد نیاز سیاستمداران، برنامه‌ریزان، مهندسان و مدیران است. به دلایل مربوط به وقت و هزینه، این اطلاعات بیشتر با استفاده از آمارگیری از نمونه‌ای تصادفی از جامعه به دست می‌آیند.

پرسشنامه‌های پر شده با الگوی اهداف سفر شهر تهران منطبق باشد. بر اساس اطلاعات حاصل از الگوی سفر تهران، سهم هریک از اهداف سفر جذب شده به محدوده طرح ترافیک تهران در جدول (۲) ارائه شده است [۱۱]. بر این اساس، سهم اهداف سفری که به صورت تصادفی به وسیله پرسشنامه‌ها پر شده بود، با الگوی اهداف سفر شهر تهران مقایسه شد که نتایج نشان از انطباق نسبی این نسبت‌ها است.

جدول ۲- مقایسه سهم اهداف سفر جذب شده به محدوده طرح ترافیک با نتایج طرح جامع حمل و نقل [۱۱]

| ردیف | هدف سفر | سهم از سفرهای تهران* (درصد) | تعداد پرسشنامه تکمیل شده | سهم از پرسشنامه‌های پر شده (درصد) |
|------|---------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| ۱    | کار     | ۶۷                          | ۲۲۰۱                     | ۶۶/۱                              |
| ۲    | خرید    | ۱۳                          | ۴۳۶                      | ۱۴/۱                              |
| ۳    | تفریح   | ۱۱                          | ۳۳۹                      | ۱۱/۶                              |
| ۴    | تحصیل   | ۹                           | ۲۷۴                      | ۸/۳                               |
|      | جمع     | ۱۰۰                         | ۳۲۵۰                     | ۱۰۰                               |

### ۳-۳. انتخاب مدل مناسب

احتمال انتخاب هر وسیله نقلیه به مطلوبیت آن وسیله بستگی دارد، به این صورت که اگر مطلوبیت وسیله‌ای از وسایل دیگر بیشتر باشد، احتمال انتخاب آن وسیله بیشتر می‌شود. به عبارت دیگر:

$$p_n(i) = p[U_{in} \geq U_{jn} \quad \forall j \neq i, i \in C_n]$$

که در آن:

$$p_n(i) = \text{احتمال انتخاب گزینه } i \text{ توسط فرد } n$$

$$U_{in} = \text{مطلوبیت گزینه } i \text{ برای فرد } n$$

$$C_n = \text{مجموعه گزینه‌های قابل قبول برای فرد } n$$

تابع مطلوبیت هر گزینه از دو جز معین و تصادفی تشکیل شده است:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (۴)$$

جامعه مورد نظر در این مطالعه، کلیه مسافران به مقصد محدوده طرح ترافیک است. در این فرآیند جمع‌آوری اطلاعات، مشخصات اقتصادی- اجتماعی افراد، مشخصات برنامه سفر (گزینه مورد انتخاب) و مشخصات سفر مدنظر قرار گرفتند.

الف- تعیین تعداد نمونه

یکی از مهم‌ترین مسائل در برداشت اطلاعات، تعیین اندازه نمونه مورد نیاز است. اولین قدم در تعیین اندازه نمونه مشخص کردن سطح قابلیت اعتماد برای برآوردهای موردنظر است. به طور کلی، هرچه نمونه بزرگتر باشد قابلیت اعتماد برآوردهای به دست آمده بیشتر خواهد بود. در پژوهش پیش‌روی از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده برای برآورد حجم نمونه استفاده شده است. رابطه مورد استفاده به شکل زیر است [۱۰]:

$$n \geq \frac{Z^2(1 - P_y)}{\varepsilon^2 P_y} \quad (۱)$$

که در آن:

$P_y$ : سهمی از جامعه که به ویژگی مورد نظر مبتلا است.

$N$ : جمعیت جامعه آماری

$Z$ : ضریب قابلیت اطمینان

$\varepsilon$ : خطای نسبی

در رابطه (۱)،  $Z$  عبارت است از ضریب قابلیت اطمینان که بر فرض نرمال بودن توزیع اطلاعات نمونه‌گیری استوار است. در این پژوهش با ۹۵٪ اطمینان و بر اساس اطلاعات الگوی سفر شهروندان تهرانی و با توجه به سهم انواع وسایل نقلیه قابل استفاده برای انجام سفرهای درون شهری شهر تهران (در حدود ۴۰ درصد)، کمینه مشاهده لازم برای ساخت مدل‌ها معادل ۲۳۰۴ به دست می‌آید.

$$n \geq \frac{Z^2(1 - P_y)}{\varepsilon^2 P_y} = ۲۳۰۴ \quad (۲)$$

در این پژوهش نسبت به تکمیل بیش از ۳۵۹۶ پرسشنامه اقدام شد که هر یک شامل ۴ سناریوی قیمت‌گذاری بودند. علاوه بر تعداد پرسشنامه‌ها، لازم بود تا الگوی فراوانی

که در آن:

$V_{in}$  = بخش قابل اندازه‌گیری و معین مطلوبیت گزینه  $i$  برای فرد  $n$

$\epsilon_{in}$  = بخش غیرقابل اندازه‌گیری و تصادفی مطلوبیت گزینه  $i$  برای فرد  $n$

در این مطالعه از مدل لوجیت استفاده شده است که دارای برتری‌هایی نسبت به مدل پروبیت است. از جمله این برتری‌ها، ساده‌تر بودن آن نسبت به مدل پروبیت و عملیاتی بودن آن است. یعنی هر گزینه جدیدی را که مستقل از سایر گزینه‌ها باشد به راحتی می‌توان وارد مدل کرد [۲]. هرگاه در فرآیند مدل‌سازی تعداد گزینه‌های در دسترس برای هر فرد از دو گزینه بیشتر باشد، می‌توان از مدل لوجیت چندگانه استفاده کرد. در این حالت احتمال انتخاب هر گزینه به وسیله‌ی فرد از رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$Pn(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_j e^{V_{jn}}} \quad (5)$$

#### ۴. نتایج و بحث

بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری شده، یک مدل انتخاب گسسته با توجه به متغیرهای اقتصادی-اجتماعی، مشخصات سفر افراد و سناریوهای قیمت‌گذاری شده پرداخت و اعتبارسنجی شد. در ادامه این بخش نسبت به بحث در خصوص نتایج بدست آمده و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی اقدام شده است.

##### ۴-۱. مدل‌سازی و تفسیر نتایج

برای تعیین سهم هر یک از گونه‌های حمل و نقلی نسبت به انجام مدل‌سازی انتخاب گسسته اقدام شد. جدول ۳، چگونگی دسته‌بندی متغیرهای وابسته را برای انجام فرایند مدل‌سازی نشان می‌دهد. علاوه بر این گزینه‌ها، گزینه دیگری با عنوان سایر روش‌ها در پرسشنامه گنجانده شده بود که افراد در صورت عدم انتخاب ۴ گزینه دیگر نسبت به انتخاب و ارائه توضیحات اقدام می‌کردند. با توجه به ماهیت

مدلسازی در این مطالعه، از اطلاعات این بخش در پژوهش چشم‌پوشی شد.

برای مدل‌سازی، نخستین فرض بر عملکرد آشیانه‌ای انتخاب‌ها شد. این فرضیه با پارامترهایی چون ضریب  $IV$  کنترل می‌شود و در صورت اثبات عدم قطعیت عملکرد آشیانه‌ای، همه گزینه‌ها هم‌سطح و از امتیاز یکسانی برای انتخاب برخوردار می‌شوند. در بررسی انجام شده، مشخص شد که پارامترهای  $IV$  تفاوت معناداری با "۱" ندارد. بنابراین از نظر آماری همه پارامترهای  $IV$  با مقدار پارامتر  $IV$  آشیانه مرجع که بقیه پارامترها نسبت به آن نرمالایز شده‌اند تفاوت معناداری ندارند. پس از نظر آماری این آشیانه‌ها می‌توانند در آشیانه مرجع ادغام شود. در این صورت مدل لوجیت آشیانه‌ای به مدل لوجیت چندگانه تبدیل می‌شوند [۱۲].

جدول ۳- تعریف متغیرهای وابسته در جهت ورود در مدل گسسته

| توضیح                                 | $\gamma$ |
|---------------------------------------|----------|
| انتخاب وسیله شخصی و پرداخت کامل عوارض | ۱        |
| عدم انجام سفر                         | ۲        |
| انتخاب تاکسی                          | ۳        |
| انتخاب همگانی (مترو یا اتوبوس)        | ۴        |

با این رویکرد نسبت به پرداخت مدل لوجیت چندگانه اقدام شد که نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است. در قالب موارد زیر نسبت به تفسیر نتایج برگرفته از مدل اشاره شده است:

الف) علامت همه پارامترها مطابق انتظار است. برای نمونه در تابع مطلوبیت اتومبیل شخصی، متغیرهای هزینه که به ترتیب با  $PTP$  و  $PEP$  مشخص شده‌اند، دارای ضریب منفی بوده که نشان از کاهش مطلوبیت ناشی از افزایش نرخ عوارض است.

ب) اساساً همه پارامترها در سطح اطمینان بالاتر از ۹۵٪ غیر صفرند.

سه حالت فرضیه صفر بودن همه پارامترها ( $L(0)$ )، فرضیه صفر بودن همه پارامترها غیر از ثابت‌های تابع مطلوبیت (سهم بازار،  $L(C)$ ) و فرضیه درست بودن مدل پرداخت شده ( $L(\beta)$ ) قابل دستیابی است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، آماره  $2[L(\beta) - L(0)]$ ، که دارای توزیع  $\chi^2$  با  $N$  درجه آزادی است ( $N =$  تعداد متغیرهای مدل انتخاب وسیله نقلیه مورد نظر) با اطمینان بیش از ۹۹٪ فرض صفر بودن پارامترها را رد می‌کند. از سوی دیگر آماره  $[-L(C) - 2L(\beta)]$ ، که دارای توزیع  $\chi^2$  با  $N-m+1$  درجه آزادی است ( $m =$  تعداد وسایل نقلیه مورد انتخاب) نشان می‌دهد که مدل ساخته شده از مدل سهم بازار برتر است. مقادیرهای شاخص‌های برازندگی  $\rho^2$  و  $\rho_c^2$  و درصد درست‌نمایی مدل‌ها نیز برای اطلاع بیشتر در جدول ۵ گنجانیده شده است. بر این اساس، مقادیر  $\rho^2$  با توجه به تعداد گزینه‌های مدل شده و در سطح مدل‌های انتخاب چندگانه مناسب است. درصد درست‌نمایی در مدل طرح ترافیک ۵۳ درصد است که با توجه به ساختار ۴ گزینه‌ای مدل مناسب و قابل قبول است.

## ۵. بحث

شکل‌های ۱ الی ۴ وضعیت حساسیت انتخاب گزینه‌های مختلف انجام سفر را در تقابل با قیمت‌های مختلف ورود به محدوده طرح ترافیک نشان می‌دهد. شکل ۱ نشان‌دهنده این تغییرات برای وسیله نقلیه شخصی است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در این حالت نرخ عوارض طرح ترافیک در ساعت اوج و نرخ عوارض محدوده زوج و فرد در ساعت اوج و غیر اوج در حالت پایه قرار داده شده است. به ازاء نرخ ۳۰۰۰ تومان سهم سواری شخصی به ۳۵ درصد می‌رسد و با افزایش عوارض، از سهم این گونه کاهش یافته و به دیگر گونه‌ها منتقل می‌شود.

ث) متغیر سرانه مالکیت خودرو (ACO) در مدل طرح ترافیک در تابع مطلوبیت ترانزیت با علامت منفی وارد شده است. این به آن معناست که با افزایش سرانه مالکیت خودرو جذابیت حمل و نقل همگانی کاهش می‌یابد.

ج) افزایش متغیر گروه قیمتی خودرو (MODD) موجب ازدیاد مطلوبیت شیوه شخصی و کاهش مطلوبیت شیوه‌های همگانی می‌شود

چ) محل سکونت انتخاب‌کننده بر انتخاب وی تاثیرگذار است. سکونت در محدوده طرح ترافیک (HAD1) موجب افزایش تمایل به استفاده از مترو، اتوبوس و تاکسی می‌شود. به دلیل تراکم شبکه در محدوده طرح ترافیک و شلوغی آنها از یکسو و وجود خطوط ویژه اتوبوس، تاکسی‌های خطی و گردشی مناسب و ایستگاه‌های متعدد مترو در این محدوده از سوی دیگر، ترانزیت و تاکسی از مطلوبیت نسبی بیشتری برخوردارند.

ح) سطح تحصیلات در بیشتر متغیر سنوات تحصیلی (EDUDD) در مدل‌ها به کار گرفته شده است. به طور کلی افزایش این متغیر موجب افزایش مطلوبیت گزینه‌های استفاده از وسیله نقلیه شخصی در مقابل گزینه‌های همگانی می‌شود.

خ) ورود بیش از ۱ مرتبه به محدوده‌های قیمت‌گذاری شده موجب کاهش مطلوبیت گزینه‌های شخصی می‌شود. از آنجاکه پرداخت عوارض به ازاء هربار ورود صورت می‌گیرد، تاثیر این متغیر منطقی ارزیابی می‌شود.

د) اهداف سفر اجباری به دلیل تواتر بیشترشان، تمایل بیشتری به حمل‌ونقل همگانی دارند. این امر به دلیل اجبار در پرداخت روزانه صورت می‌پذیرد پرداخت عوارض در سفرهای غیرمتواتر همچون خرید یا تفریح، با پذیرش بیشتری همراه است.

## ۴-۲. اعتبارسنجی

پارامترهای کنترل برازندگی مدل در جدول ۵ ارائه شده است. بر این اساس لگاریتم تابع تمایل (تابع هدف) را در





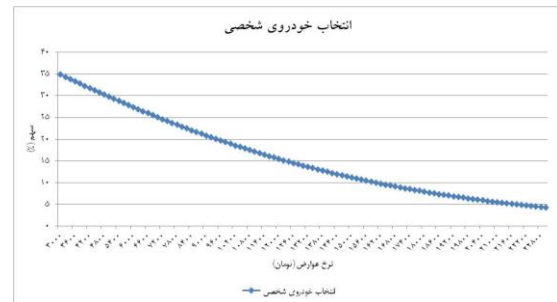
جدول ۴- نتایج پرداخت مدل گسسته انتخاب وسیله نقلیه با توجه به قیمت گذاری

| توضیح متغیر   | y=4      |        | y=3      |        | y=2      |         | y=1      |             | م<br>تغییر |
|---|----------|--------|----------|--------|----------|---------|----------|-------------|------------|
|   | P[ Z >z] | مقدار  | P[ Z >z] | مقدار  | P[ Z >z] | مقدار   | P[ Z >z] | مقدار       |            |
| مقدار ثابت  |          | -      |          | -      | ۰,۰۳۵    | -۱,۰۴۹  |          | -           | A          |
| سرانه مالکیت خودرو (تعداد اتومبیل بر تعداد اعضای خانواده)                           | ۰,۰۰۶    | -۰,۵۷۲ |          | -      |          | -       |          | -           | AC<br>O    |
| ساختگی سن از ۲۵ تا ۳۲   |          | -      | ۰,۰۰۰    | ۰,۳۰۴  |          | -       |          | -           | AG<br>ED2  |
| ساختگی سنوات تحصیل (گزینه ۱=۱۰ سال، گزینه ۲=۱۵ سال، گزینه ۳=۱۸ سال، گزینه ۴=۲۲ سال) |          | -      | ۰,۰۰۰    | ۰,۰۴۱۶ | ۰,۰۳     | -۰,۰۵۱۳ | ۰,۰۰۰    | ۰,۰۵۵<br>۹۷ | ED<br>UDD  |
| ساختگی ورود بیش از ۱ بار به محدوده  |          | -      |          | -      | ۰,۰۰۰    | -۰,۹۳۷۶ |          | -           | EN<br>D    |
| ساختگی زمان اولین ورود در اوج صبح (۹ تا ۶)  |          | -      |          | -      |          | -       | ۰,۰۰۰    | ۰,۴۰۶<br>-  | ET<br>D1   |
| ساختگی وسیله از آخرین ایستگاه، اگر پیاده باشد ۱ و در غیر اینصورت ۰                  |          | -      | ۰,۰۰۰    | -۰,۳۹۵ |          | -       | ۰,۰۰۰    | ۰,۷۸۸<br>-  | FT<br>MD2  |
| تعداد اعضای خانواده   |          | -      |          | -      | ۰,۰۳     | -۰,۱۳۵  |          | -           | FN         |
| ساختگی استفاده از همگانی (اگر استفاده می کند ۱ و در غیر اینصورت ۰)                  | ۰,۰۰۰    | ۱,۱۶۵  |          | -      |          | -       |          | -           | FT         |
| متغیر ساختگی جنسیت/ اگر مرد باشد ۱ و در غیر اینصورت ۰                               |          | -      |          | -      | ۰,۰۰۰    | ۰,۸۹۸   |          | -           | GE<br>ND   |
| متغیر ساختگی اگر محل سکونت در محدوده طرح ترافیک باشد ۱ و در غیر اینصورت ۰           | ۰,۰۰۰    | ۰,۴۵   | ۰,۰۰۰    | ۰,۴۴۹  |          | -       |          | -           | HA<br>D1   |

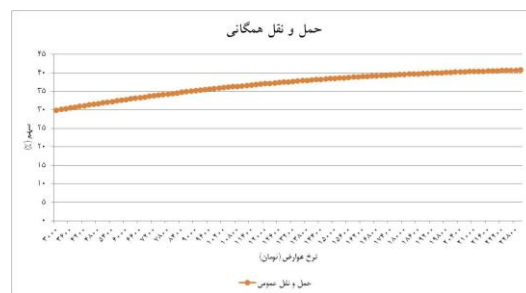
|  |       |        |       |        |       |         |       |             |               |
|--|-------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|-------------|---------------|
| متغیر ساختگی اگر محل سکونت در خارج محدوده زوج و فرد باشد ۱ و در غیر اینصورت *                  |       | -      |       | -      | ۰,۰۳  | -۰,۳۸۳۱ |       | -           | HA<br>D3      |
| متغیر ساختگی اگر شغل آزاد باشد ۱ و در غیر اینصورت *  |       | -      |       | ۰,۵۲۴۶ |       | -       | ۰,۰۰۳ | ۰,۳۲۲<br>۴  | JO<br>BD2     |
| متغیر ساختگی اگر شغل مدیر، پزشک یا هیات علمی باشد ۱ و در غیر اینصورت *                         |       | ۰,۸۱۲۴ |       | -      |       | -       |       | -           | JO<br>BD3     |
| متغیر ساختگی ناهل/ اگر متاهل باشد ۱ و در غیر اینصورت *   |       | -      |       | -      | ۰,۰۰۱ | ۰,۵۵۱۴  |       | -           | M<br>AR       |
| قیمت میانگین گروه قیمتی خودرو (میلیون تومان)<br>)<br>گروه ۱=۶، گروه ۲=۱۶، گروه ۳=۴۵، گروه ۴=۹۰ | ۰,۰۰۳ | ۰,۰۰۸۶ |       | -      |       | -       | ۰,۰۰۰ | ۰,۰۱۰<br>۵۴ | M<br>ODD      |
| ساختگی قیمت وسیله گران (اگر گران باشد ۱ و در غیر اینصورت ۰)                                    |       | -      |       |        | ۰,۰۰۲ | -۰,۷۵۷۳ |       | -           | M<br>ODD<br>3 |
| تعداد سرشنین   | ۰,۰۰۰ | ۰,۳۳۶۴ | ۰,۰۰۱ | ۰,۲۷۷۲ |       | -       |       | -           | NP            |
| ساختگی داشتن مجوز طرح  |       | -      |       | -      |       | -       | ۰,۰۰۰ | ۰,۵۸۸<br>۵  | PE<br>R       |
| عوارض ورود به محدوده طرح ترافیک در ساعت اوج  |       | -      |       | -      |       | -       |       | ۰,۰۰۰<br>-۱ | PT<br>P       |
| متوسط زمان سفر از مبدأ به مقصد (دقیقه)   |       | -      | ۰,۰۰۰ | ۰,۰۱۱۸ |       | -       |       | -           | TT            |

شکل ۲ نشان‌دهنده این تغییرات برای حمل و نقل همگانی است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش عوارض، انتخاب گزینه حمل و نقل همگانی نیز به تدریج افزایش پیدا می‌کند. در شرایط وضع ۳۰۰۰ تومان برای ورود به محدوده ترافیک، در حدود ۳۰ درصد نسبت به انتخاب حمل و نقل همگانی اقدام می‌کنند. این درصد در شرایطی که عوارض به بیش از ۲۲۰۰۰ تومان افزایش پیدا می‌کند، به حدود ۴۰ درصد می‌رسد. نکته قابل توجه کاهش روند افزایش انتخاب این شیوه حمل و نقل در شرایطی است که عوارض به ۱۷۰۰۰ تومان می‌رسد.

شکل ۳ نشان‌دهنده این تغییرات برای انتخاب تاکسی است. با وضع عوارضی معادل ۳۰۰۰ تومان، در حدود ۲۴ درصد افراد نسبت به انتخاب تاکسی اقدام می‌کنند. در شرایطی که عوارض به بیش از ۱۷۰۰۰ تومان می‌رسد، افراد تمایل بیشتری به استفاده از این شیوه‌های جابه‌جایی از خود نشان می‌دهند. با افزایش هزینه عوارض، توجه استفاده از این شیوه جابه‌جایی که هزینه بیشتر و در عین حال راحتی بیشتری نیز نسبت به استفاده از حمل و نقل همگانی دارد، ارتقاء پیدا کرده و کاربران تمایل بیشتری برای انتخاب آن دارند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، وضعیت انتخاب وسیله همگانی و تاکسی در کل از الگوی مشابهی برخوردار است. انتخاب تاکسی در ابتدا و در مقایسه با حمل و نقل همگانی کمتر صورت می‌پذیرد. در ادامه و با افزایش نرخ عوارض ورود به محدوده، توجه‌پذیری استفاده از تاکسی نیز افزایش پیدا کرده و افراد با نرخ بیشتری در مقایسه به انتخاب تاکسی اقدام می‌کنند. راحتی بیشتر شیوه جابه‌جایی از طریق تاکسی و همچنین نواقص شبکه حمل و نقل عمومی در شبکه معابر تهران موجب می‌شود که مطلوبیت این دو شیوه جابه‌جایی چندان از یکدیگر فاصله نداشته باشد. در مقادیر پایه عوارض، اختلاف انتخاب این دو شیوه بیش از ۵ درصد است. در حالی که با افزایش عوارض ورودی، مقدار این اختلاف به کمتر از ۲/۵ درصد می‌رسد.



شکل ۱- انتخاب خودروی شخصی در تقابل با قیمت‌های مختلف ورود به محدوده طرح ترافیک



شکل ۲- انتخاب حمل و نقل همگانی در تقابل با قیمت‌های مختلف ورود به محدوده طرح ترافیک

جدول ۵- آماره‌های اعتبارسنجی برازش مدل‌های انتخاب وسیله

| آماره             | مقدار    | آماره                      | مقدار   |
|-------------------|----------|----------------------------|---------|
| تعداد مشاهدات     | ۳۵۹۶     | $\rho_c^2$                 | ۰/۱۳۰   |
| تعداد متغیر مستقل | ۳۸       | $2[L(0) - L(\beta)]$       | ۱۱۱۳,۲۷ |
| $L(0)$            | -۵۶۱۱,۷۹ | $2[L(C) - L(\beta)]$       | ۳۷۸۰,۲  |
| $L(C)$            | -۴۲۷۸,۳۲ | $\chi_{0/99}^2(N)$         | ۶۱,۱۴   |
| $L(\beta)$        | -۳۷۲۱,۶۸ | $\chi_{0/99}^2(N - m + 1)$ | ۵۴,۷۴   |
| $\rho^2$          | ۰/۳۳۷    | درصد درست‌نمایی            | ۵۳      |

مشخص شود. بنابراین، با استفاده از روش جمع‌آوری اطلاعات به صورت رجحان بیان شده نسبت به طراحی پرسش‌نامه‌هایی اقدام شد که علاوه بر مشخصات اقتصادی-اجتماعی افراد نسبت به ارائه سناریوهای مختلف قیمت-گذاری تراکم به آنها نیز اقدام می‌نمود. بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری شده نسبت به پرداخت مدل لوجیت چندگانه برای انتخاب شیوه‌های مختلف حمل و نقل به وسیله کاربران اقدام شد که امکان پیش‌بینی انتخاب وسیله کاربران را در قیمت‌های مختلف میسر می‌کرد. به طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

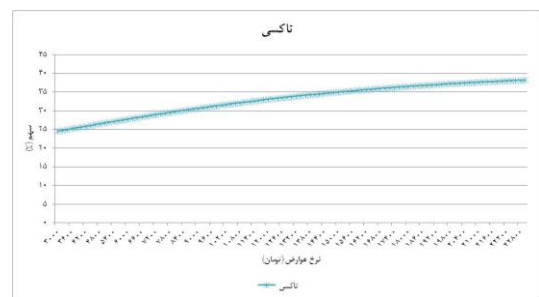
✓ نتایج نشان داد که قیمت‌گذاری می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای مدیریت تقاضای وسایل نقلیه شخصی به کار رود. به گونه‌ای که با تعیین عوارضی معادل ۳۰۰۰ تومان برای ورود به محدوده تنها ۳۵ درصد از افراد نسبت به استفاده از وسایل نقلیه شخصی اقدام می‌نمایند. در همین شرایط ۳۰ درصد از افراد نسبت به انتخاب حمل و نقل همگانی می‌پردازند.

✓ متغیرهایی مانند افزایش گروه قیمتی خودرو و تحصیلات بالاتر افراد موجب افزایش مطلوبیت به کارگیری وسیله نقلیه شخصی و متغیرهایی مانند وجود منزل کاربران در محدوده قیمت‌گذاری شده و افزایش ورود و خروج افراد به محدوده موجب افزایش مطلوبیت بکارگیری سایر شیوه‌ها می‌شود.

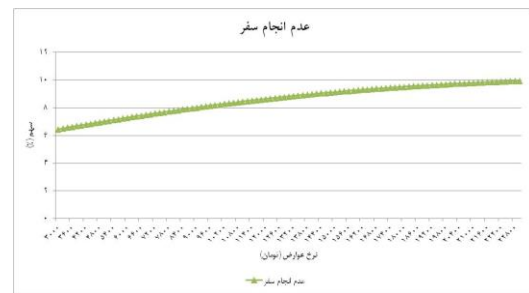
✓ نتایج نشان داد که تقاضای ورود به محدوده قیمت‌گذاری شده را می‌توان تقریباً نسبت به قیمت غیرالاستیک در نظر گرفت. در بالاترین قیمت تعیین شده برای ورود به محدوده، بیشینه ۱۰ درصد از کاربران نسبت به انصراف از سفر خود اقدام کردند.

✓ وضعیت انتخاب گزینه حمل و نقل همگانی و گزینه تاکسی تقریباً یکسان است. در شرایطی که قیمت از ۱۷ هزار تومان برای ورود به محدوده افزایش پیدا می‌کند،

شکل ۴ نشان‌دهنده وضعیت انتخاب گزینه عدم انجام سفر در تقابل با قیمت‌های مختلف است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشینه تا ۱۰ درصد از کاربران نسبت به حذف سفر در تقابل با قیمت‌گذاری اقدام می‌نمایند. بررسی‌های بعدی نشان می‌دهد که تقریباً اهداف تمام این کاربران غیراجباری بوده است. از طرف دیگر، نتایج این بخش نشان می‌دهد که تقاضای ورود به محدوده طرح ترافیک را می‌توان با تقریب مناسبی غیرالاستیک فرض کرد. پژوهش‌های مشابه دیگری در ایتالیا و انگلیس [۱۳، ۱۴] این ادعا را تایید می‌کنند.



شکل ۳- انتخاب تاکسی در تقابل با قیمت‌های مختلف ورود به محدوده طرح ترافیک



شکل ۴- انتخاب گزینه عدم انجام سفر در تقابل با قیمت‌های مختلف ورود به محدوده طرح ترافیک

## ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر قیمت‌گذاری تراکم بر انتخاب وسیله‌نقلیه افراد بوده است. برای تعیین تابع مطلوبیت افراد لازم بود تا متغیرهای اقتصادی-اجتماعی افراد، خصوصیات سفر آنها و همچنین وضعیت تمایل به پرداخت افراد برای ورود به محدوده قیمت‌گذاری شده

- [6] Xu, Shunan., Ben Akiva, (2009), "Development and test of dynamic congestion pricing model", Massachusetts Institute of Technology.
- [7] Sugiyanto, G., Malkhamah, S., Munawar, A., Sutomo, H., (2009), " Modeling the effect of congestion pricing on mode choice in yogyakarta", Jenderal Soedirman University, Indonesia.
- [8] Bandeira, J., Coelho, M., Pimentel, M., Khattak, A., (2012), Impact of intercity tolls in Portugal- An environmental perspective", Transport Research Arena, Procedi social and behavioral sciences.
- [9] Stated Preference Survey for New Smart Transport Modes and Services: Design, Pilot Study and New Revision, MIT Portugal Program, Transportation Systems Focus Area, March 2009.
- [10] Hensher. A. D. Button. K.J, (2000), "Handbook of transport modeling". Emerald Group Publishing., Chichester, West Sussex, England.
- [۱۱] شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، زمستان ۱۳۸۶.
- [12] Louviere, J. J., Hensher, A., Swait, J., (2003), "Stated Choice Methods (Analysis and Applications)", Cambridge University Press. Comune di Milano, (2008). Monitoraggio indicatori Ecopass. Agenzia Milanese Mobilit\_a Ambiente, Milano.
- [13] Transport for London, (2004), Central London congestion charging: impact monitoring. Second Annual Report.

روند استفاده از تاکسی رشد بیشتری در مقایسه با حمل و نقل همگانی می‌نماید. این مهم می‌تواند به دلیل توجیه-پذیری به کارگیری تاکسی در شرایط تعیین قیمت بالای برای ورود به محدوده باشد.

تعیین ارزش زمانی افراد با توجه به شیوه سفر انتخابی به وسیله آن‌ها و همچنین بررسی تاثیر قیمت‌گذاری افراد به تغییر زمان عزیمت به سوی مقاصدشان می‌تواند به عنوان ادامه این پژوهش مدنظر قرار گیرد.

## مراجع

- [1] Carey, M., and Srinivasan, A., (1993), "Externalities, average and marginal costs, and Tolls on congested networks with time varying flows", *Operational Research* 41(1), 217-231.
- [2] Bowerman, A., (2007), "The costs and benefits of road pricing: Comparing Nationwide charging with project-based schemes", IEA discussion paper No.17-18.
- [3] J. Y. T. Wang, R. Lindsey, and H. Yang, (2011), "Nonlinear pricing on private roads with congestion and toll collection costs", *Transportation Research-B*, 45 9-40.
- [4] H.-J. Huang, (2002), "Pricing and logit-based mode choice models of a transit and highway system with elastic demand", *European Journal of Operational Research*. 562-570.
- [5] B. Bureau and M. Glachant, (2008), "Distributional effects of road pricing: Assessment of nine scenarios for Paris", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 42, issue 7, pp. 994-1007.

