فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و دوم، شماره ۸۹، پاییز ۱۴۰۱، ص. ۹۲-۷۹

تحلیل حساسیت سهم شیوه‌های سفرهای کاری به زمان سفر

(مطالعه موردی: شهر مشهد)

امیررضا ممدوحی (مسئول مکاتبات)، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

امین محمدی‌هزاوه، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

E-mail: armamdoohi@modares.ac.ir

چکیده

پیشرفت تکنولوژی، ورود خودرو به زندگی انسان‌ها و توسعه شهرها، معضلات جدیدی برای انسان و محیط‌زیست به همراه داشته است. این معضلات و آثار منفی و عملکردی آن، توجه به رویکردها و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت را در قالب سیاست‌های مدیریت سیستم‌های حمل‌ونقل بیشتر نموده است. مدیریت سیستم حمل‌ونقل، با تحلیل سیستم موجود و ارزیابی شیوه‌های مختلف سفر، اقدام به بررسی پاسخ مسافران به تغییر در عوامل مؤثر در انتخاب شیوه سفر می‌پردازد. از راهکارهای مؤثر در کوتاه مدّت، ایجاد تغییر در زمان سفر حمل‌ونقل همگانی، جهت جذّاب‌ترکردن این شیوه سفر برای مسافران است. در این پژوهش، تحلیل حساسیت سهم شیوه‌های سفر با استفاده از مدل‌های انتخاب شیوه سفر برای نمونه موردی سفرهای کاری شهر مشهد مقدس صورت می‌گیرد. در این راستا پس از ارائه روش تحلیل حساسیت برای مدل‌های انتخاب گسسته، به‌خصوص مدل لوجیت چندگانه، سهم شیوه‌های سفر نسبت به تغییرات در زمان سفر داخل و خارج وسیله نقلیه همگانی در قالب سناریوهای مختلف بررسی می‌گردد. نتایج این سناریوسازی‌ها نشان می‌دهد که مسافرین نسبت به تغییرات زمان سفر خارج از وسیله همگانی به زمان سفر داخل وسیله حساس‌تر هستند. هم‌چنین احداث یک سیستم با سرفاصله‌های زمانی مناسب می‌تواند مؤثرتر از احداث یک سیستم تندرو در جذب مسافر باشد.

واژه‌های کلیدی: زمان سفر داخل وسیله، زمان سفر خارج از وسیله، تحلیل حساسیت، مدل لوجیت، مشهد

۱. مقدمه و ادبیات پژوهش

پیشرفت تکنولوژی، ورود خودرو به زندگی انسان‌ها و توسعه شهرها، معضلات جدیدی برای انسان و محیط‌زیست وی به همراه داشت. افزایش استفاده از خودرو باعث شد تا انسان‌ها با پدیده‌های جدیدی نظیر ازدحام وسایل نقلیه و انتشار گازهای سمی از خودرو روبرو شوند. پدیده‌هایی که در کنار رفاهی که برای انسان همراه داشت معضلاتی نیز به وجود آورد.

مواجهه با معضلات یادشده و تشدید آثار منفی آن‌ها، توجه به رویکردها و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت را در قالب سیاست‌های مدیریت سیستم‌های حمل‌ونقل معطوف نموده است. سیاست‌های مدیریت سیستم حمل‌ونقل با ایجاد محدودیت بر استفاده از خودرو شخصی، نظیر ایجاد منطقه ممنوعه، طرح زوج یا فرد و قیمت‌گذاری پارکینگ، به‌عنوان سیاست‌های بازدارنده در برابر استفاده از وسایل نقلیه شخصی اجرا می‌شوند. سیاست‌های تشویقی با تغییر در ویژگی‌های سیستم حمل‌ونقل همگانی، با ایجاد جاذبه و افزایش مطلوبیت سعی بر افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی برای آن‌ها دارند. این رویکردها با تحلیل و بررسی علل و کاستی‌های سیستم‌های موجود و تحلیل حساسیت مدل‌ها نسبت به ویژگی‌های سفر و شیوه سفر، اقدام به ارزیابی عوامل دخیل در انتخاب و توجه به شیوه‌های مناسب تأمین هدف سفر می‌پردازد. ازجمله اهداف اصلی مدیریت سیستم‌های حمل‌ونقل، اقداماتی است که به‌منظور بهبود وضعیت حمل‌ونقل همگانی و اصلاح کارایی مدیریت داخلی سیستم‌های حمل‌ونقل صورت می‌پذیرد.

عوامل متعددی بر انتخاب شیوه‌ی سفر مسافرین تأثیرگذار است که می‌توان آن‌ها را به ۳ دسته تقسیم کرد: (۱) عوامل اقتصادی- اجتماعی در سطح خانوار و منطقه چون نرخ مالکیت خودرو، درآمد، اندازه‌ی خانوار، سن، شغل و محل سکونت؛ (۲) خصوصیات عرضه چون زمان دسترسی به ایستگاه، زمان انتظار در ایستگاه، زمان سفر داخل وسیله نقلیه، زمان خروج از ایستگاه و متغیرهای کیفی نظیر امنیت، آسایش، راحتی، ایمنی و قابلیت اطمینان؛ (۳) و ویژگی‌های سفر چون هدف سفر، زمان سفر و نقطه آغاز و پایان سفر.

برنامه‌ریزی جهت افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی می‌تواند با استفاده از مدل انتخاب شیوه سفر و تحلیل حساسیت مدل به متغیرهای آن صورت پذیرد. ازجمله متغیرهای مؤثر در بیشتر مدل‌های انتخاب شیوه سفر، زمان سفر است. زمان سفر با یک وسیله نقلیه در جامع‌ترین حالت آن به‌صورت زمان سفر در- به- در[1]، منظور می‌شود که به معنای کل زمان سفر از مبدأ تا مقصد است که می‌تواند شامل زمان پیاده‌روی (دسترسی و خروج)، زمان انتظار، زمان داخل وسیله نقلیه و زمان پارک کردن باشد. یکی از راهکارهای کوتاه‌مدت جهت افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی، کاهش زمان سفر آن جهت جذّاب‌ترکردن این شیوه سفر برای مسافران است.

پژوهش‌های مختلفی نشان‌گر این مطلب هستند که استفاده‌کنندگان سیستم حمل‌ونقل همگانی از زمان انتظار بیزارند. یوه با پرسشگری از ۲۰۰۰ مسافر با هدف رده‌بندی اهمیت امکانات رفاهی و خصوصیات ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی، نقش زمان انتظار را به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل ارزیابی نموده و نشان دادند که مسافران در صورت تحمّل زمان انتظارِ کمتر در ایستگاه، نسبت به کمبود یا نبود سایر خصوصیات و امکانات رفاهی در ایستگاه حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهند. به‌عنوان‌مثال، نبود صندلی مناسب در ایستگاه در انتظار ۱۵ دقیقه‌ای در مقایسه با ایستگاهی با زمان انتظار سه دقیقه‌ای نامطلوبیت بیشتری برای مسافران ایجاد می‌کند. زمان انتظار درک‌شده برای مسافران دارای وزن بیشتری نسبت به زمان دسترسی و به‌خصوص زمان داخل وسیله نقلیه است. میشالانی مشاهده کرد که زمان انتظار درک‌شده مسافران در ایستگاه ۱۵ درصد بیشتر از مقدار واقعی آن است. لیمتانکول و همکاران نشان دادند که تغییرات در زمان سفر برای سفرهای کاری برای سیستم ریلی در مسیرهای کوتاه حساس‌تر از سفرهای با برد متوسط و طولانی است. لیو در مطالعه خود در

شانگهای نشان داد که علی‌رغم انتظار مسافران اتوبوس نسبت به زمان سفر داخل اتوبوس به زمان سفر خارج از اتوبوس حساس‌تر هستند درحالی‌که برای استفاده‌کنندگان مترو زمان خارج از وسیله از حساسیت بیشتری برخوردار است. فرانک و همکاران نیز در مطالعات خود نشان دادند که استفاده‌کنندگان از حمل‌ونقل همگانی به زمان سفر خارج از وسیله نقلیه، به‌ویژه زمان انتظار نسبت به هزینه استفاده از سرویس حساس‌تر هستند و افزایش مثلاً ۱۰ درصد زمان سفر خودرو برای سفرهای غیر کاری، باعث افزایش ۲/۳ درصد استفاده‌کنندگان از حمل‌ونقل همگانی می‌شود.

با توجه به اینکه مطالعات زیادی در زمینه تحلیل حساسیت مدل‌های انتخاب گسسته به علت پیچیدگی‌های مربوط انجام‌نشده است و به‌خصوص کمبود این‌گونه مطالعات در زمینه مدل‌های انتخاب وسیله برای شهرهای ایران، هدف این مقاله تحلیل حساسیت سهم شیوه‌های مختلف سفرهای کاری برای نمونه موردی شهر مشهد به تغییرات زمان سفر سیستم اتوبوس‌رانی در جهت افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی (اتوبوس) در قالب مدل‌های ریاضی و نتایج کمی و آماری در قالب سناریوهای مختلف صورت می‌گیرد. ساختار مقاله بدین‌صورت است که در بخش دوم با روش‌شناسی در بخش سوم به ویژگی‌های مطالعه موردی شهر مشهد و مدل‌های انتخاب این شهر پرداخته خواهد شد. در بخش چهارم تحلیل نتایج مدل و بخش پنجم به جمع‌بندی اختصاص داده شده است.

۲. روش پژوهش

یکی از مراحل مهم فرایند برنامه‌ریزی حمل‌ونقل استفاده مرحله تفکیک سفر است که عموماً با استفاده از مدل‌های انتخاب شیوه سفر صورت می‌گیرد. مدل‌های لوجیت چندگانه از پرکاربردترین این مدل‌ها است که با استفاده از آن می‌توان احتمال انتخاب شیوه‌های مختلف سفر را بر اساس ویژگی‌های مختلف سفر و مسافر محاسبه نمود. شکل کلی مدل لوجیت چندگانه در رابطه (۱) نشان داده‌شده است.

$$P_{ij}^{m} = \frac{e^{U_{ij}^{m}}}{\sum_{n \in M} e^{U_{ij}^{n}}} \qquad (۱)$$

که در آن: U_{ij}^{m}، مطلوبیت وسیله نقلیه نوع **m** برای مسافران در سفر از ناحیه **i** به **j** و **m** مجموعه‌ای از وسایل نقلیه با اهمیت در انتخاب مسافر است.

یکی از نکات مهم در مطالعه تقاضا، تحلیل حساسیت پاسخ مسافرین به ویژگی‌های سیستم است. در مطالعه تحلیل حساسیت مدل‌های انتخاب باید به تفاوت مدل‌های هم‌فزون[۲] و ناهم‌فزون[۳] توجه نمود. تحلیل حساسیت مدل‌های ناهم‌فزون نشان‌دهنده‌ی احتمال انتخاب فرد **n** برای انتخاب گزینه **j** در برابر تغییرات ویژگی **w** گزینه **q** است که از روش زیر محاسبه می‌گردد:

$$\frac{\partial ln P_{nj}}{\partial ln x_{qw}} = (\eta_{jq} - P_{nq}) x_{qw} \beta_{w} \qquad (۲)$$

که اگر **j=q** باشد $1 = n_{jq}$ و در غیراین‌صورت برابر با ۰ است و β_w پارامتری است که باید اندازه‌گیری شود.

مدل‌های هم‌فزون می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب برای برنامه‌ریزان در تصمیم‌گیری برای جامعه باشد. روش‌های متنوعی برای محاسبه تحلیل حساسیت مدل‌های هم‌فزونِ انتخاب گسسته وجود دارد. یکی از رویکردها برای محاسبه‌ی تحلیل حساسیت مدل‌های انتخاب گسسته هم‌فزون درنظرگرفتن مدل هم‌فزون به‌عنوان مجموعی از مدل‌های ناهم‌فزون است که در آن یکی از ویژگی‌های مدل با درصدی ثابت در تمام مشاهدات تغییر می‌کند:

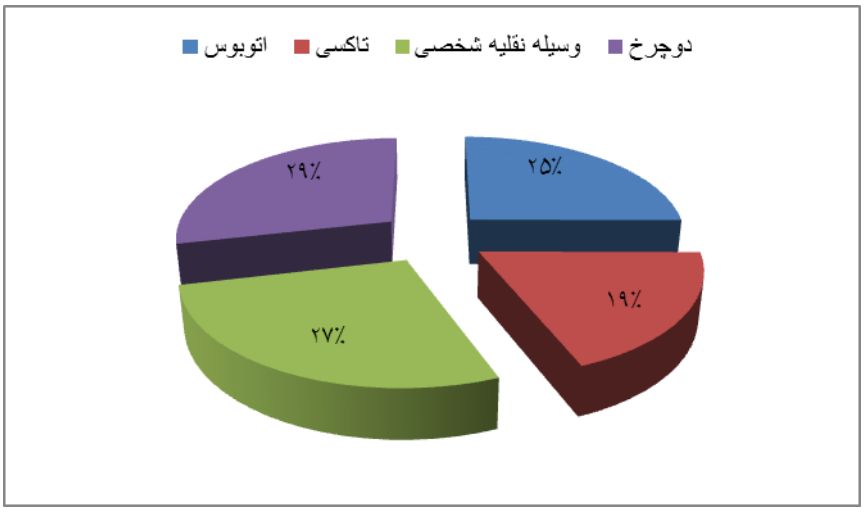
$$\frac{\partial ln \bar{P}_{j}}{\partial ln x_{qw}} = \frac{\partial ln \left(\frac{\sum_{n=1}^{N} P_{nj}}{N}\right)}{\partial ln x_{qw}} = \frac{\sum_{n=1}^{N} P_{nj} \left(\frac{\partial ln P_{nj}}{\partial ln x_{qw}}\right)}{\sum_{n=1}^{N} P_{nj}} \qquad (۳)$$

رابطه (۳) نشان می‌دهد که تحلیل حساسیت در حالت هم‌فزون میانگین وزنی حالت‌های ناهم‌فزون است که وزن حالت‌های ناهم‌فزون برابر با احتمال انتخاب آن حالت است.

۲-۱ ویژگی‌های مطالعه‌ی موردی

مشهد مقدس دومین کلان‌شهر ایران و مرکز استان خراسان رضوی بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ با ۲،٤۱۰،۸۰۰ نفر جمعیت دومین شهرِ پرجمعیت ایران است. حمل‌ونقل در شهر مشهد بر عهده سازمان تاکسیرانی، شرکت واحد اتوبوس‌رانی و شرکت‌های خصوصی، تاکسی تلفنی‌ها، مینی‌بوس‌ها، دوچرخه‌ها و موتورسیکلت‌ها است. بر مبنای مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد که در سال ۱۳۷۳ بر روی مدل‌های انتخاب شیوه سفر شهر مشهد انجام گرفت، سفرها از جنبه‌ی هدف سفر به ۸ دسته‌ی ۱) سفرهای کاری،۲) سفرهای تحصیلی، ۳) سفرهای خرید، ٤) سفرهای تفریحی، ٥) سفرهای زیارتی، ٦) سفرهای هیچ سرخانه، ۷) سفر با هدف زیارت برای غیر ساکنان مشهد و ۸) سفر با هدف شخصی و سایر تقسیم‌بندی گردید. علت استفاده از داده‌های مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل سال ۱۳۷۳ علیرغم سن بالای آن، ازجمله حجم و اعتبار زیاد داده‌ها و مطالعات مربوطه است که طبیعتاً منجر به نتایج معتبرتر و دقیق‌تری نیز می‌شود. شایان‌ذکر است که مدل‌های انتخاب شیوه سفر در این مطالعات از معتبرترین و دقیق‌ترین مطالعات مربوطه است. از دیگر دلایل انتخاب این شهر، تنوع اهداف سفر مربوطه است که خود باعث غنای بیشتر ارزش مطالعاتی پژوهش حاضر است.

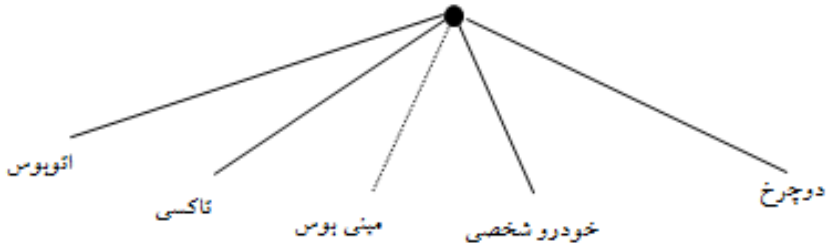
سفرهای شهر مشهد نیز که در مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه یادشده در بالا مدل گردید بالغبر ۱،۳٦٦،۱٤٥ سفر است که بیش از ۲۰۰،۰۰۰ سفر آن با هدف کاری است. بر مبنای مطالعات انجام‌شده در سال ۱۳۷۳ شیوه‌های سفر در مدل ساخته‌شده برای سفرهای کاری، شاملِ اتوبوس، تاکسی، وسیله‌ی نقلیه‌ی شخصی و دوچرخه و موتور است که سهم هر شیوه سفر در شکل ۱ نشان داده شده است. ساختار مدل‌های مورداستفاده از نوع لوجیت چندجمله‌ای[٤] (شکل ۲) است که با استفاده از روش تمایل بیشینه[٥] و نرم‌افزار "گاس" و فرض توابع مطلوبیت مختلف برای مدل‌های انتخاب شیوه سفر برای ساکنین شهر مشهد با هدف سفر کاری ساخته شده است که نتایج آن برای سفرهای کاری در جدول ۱ نشان داده شده است. برای سادگی مدل و افزایش اطمینان، دوچرخه و موتور به‌صورت یک نوع وسیله نقلیه با نام دوچرخ در نظر گرفته شده است.



شکل ۱. سهم شیوه‌های سفر کاری در شهر مشهد (مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد، ۱۳۷۳)

برای بررسی تحلیل حساسیت شیوه‌های مختلف سفر (شکل ۲) نسبت به تغییرات زمان انتظار و زمان داخل وسیله نقلیه (اتوبوس) در این مقاله با تعریف ۱۰ سناریو زمان سفر داخل وسیله نقلیه در گام‌هایی برابر، از وضعیت موجود در سال ۱۳۷۳ به ۰/۱ برابر وضعیت موجود کاهش یافت. سپس برای هر سناریو از زمان سفر داخل وسیله‌ی نقلیه، زمان خارج از

وسیله‌ی نقلیه در گام‌هایی به طول ۰/۱ از وضعیت موجود به ۰ کاهش یافت. در طول هرکدام از این سناریوها به علت نبود داده کافی فرض می‌شود که تعداد تغییر خطها ثابت خواهد ماند.



شکل ۲. نمونه‌ای از ساختار مدل لوجیت چندجمله‌ای با پنج گزینه

پس از اعمال تغییرات در زمان سفرهای خارج از وسیله نقلیه در هر سناریو، پاسخ مسافرین (۳۷۱۲ مشاهده برای هر زیرسناریو) با استفاده از روش پیشنهادی بن‌آکیوا برای تحلیل حساسیت سهم شیوه‌ی سفر محاسبه می‌شود. در ادامه به بررسی تأثیر زمان سفر بر سهم شیوه‌های حمل‌ونقلی در سفرهای کاری شهر مشهد پرداخته می‌شود.

جدول ۱. پارامترهای متغیرهای انتخاب وسیله نقلیه در سفر کاری (مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد، ۱۳۷۳)

متغیر	پارامتر	تعریف	نوع وسیله نقلیه
α	۰/۸۱۷	مقدار ثابت	اتوبوس
Tin	−۰/۰۱۲	زمان درون وسیله نقلیه	
Tout	−۰/۰۲٤	زمان بیرون اتوبوس (انتظار + پیاده‌روی)	
Ln(Nbrd)	−۰/۵۳٦	لگاریتم تعداد سوارشدن به اتوبوس	
A	−۰/۹۵۵	مقدار ثابت	تاکسی
Aco	۱۱/۷۲۷	متوسط سرانه مالکیت سواری در ناحیه مبدأ	
D5Ln(Ndst)	−۰/۹۳۰	فاصله زمینی مبدأ تا مقصد (کیلومتر)	
(1-D5)Ln(Ndst)	−۱/۰٦۹	**D5** = ۱ اگر **Ndst** < ۵ کیلومتر وگرنه ۰	
α	۰	مقدار ثابت	دوچرخ
Amo	۱۱/٤۲۵	متوسط سرانه مالکیت دوچرخ در ناحیه مبدأ	
Ln(Ndst)	−۱/۲۷٦	لگاریتم فاصله زمینی مبدأ تا مقصد (کیلومتر)	
α	−۱/۱۷٦	مقدار ثابت	خودرو شخصی
Aco	۲۰/۵۰۵	متوسط سرانه مالکیت سواری در ناحیه مبدأ	
CBD	۰/۳۳۳	اگر مقصد سفر در مرکز تجاری باشد ۱ وگرنه ۰	
Ln(ct)	−۰/۷۷۵	لگاریتم زمان سفر با وسیله شخصی	

۳. تحلیل داده‌ها

برای بررسی تحلیل حساسیت مدل‌های انتخاب شیوه‌های سفر در شهر مشهد به زمان سفر با ساخت ۱۰ سناریو بر مبنای زمان داخل وسیله‌ی نقلیه و ۱۱ زیر سناریو برای هر سناریو برمبنای زمان خارج از وسیله نقلیه ساخته شد. مجموعاً ۱۱۰ زیرسناریو برای بررسی تحلیل حساسیت مدل‌های شیوه سفر به زمان سفر داخل وسیله نقلیه اتوبوس و زمان خارج از وسیله نقلیه اتوبوس در این مقاله مورداستفاده قرار گرفت که نتایج کلی سناریوها در جدول ۲ نمایش داده‌شده است. هم‌چنین نتایج تغییرات سهم شیوه‌های مختلف سفر به تفکیک سناریوها در شکل‌های ۳ الی ۱۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که به‌طورکلی، با افزایش زمان خارج از وسیله نقلیه اتوبوس، سهم آن کاهش و سهم سایر وسایل افزایش می‌یابد که امری طبیعی و قابل‌انتظار است. هدف پژوهش جاری تمرکز بر میزان این تغییرات (شیب خطوط مربوطه) در سناریوهای مختلف است که با بررسی ۱۰ سناریو زمان سفر داخل وسیله نقلیه مورد تحلیل و تفسیر قرار می‌گیرد و بر اساس این نمودارها، می‌توان نتایج زیر را به دست آورد:

۱- بدون تغییر در خطوط اتوبوس‌رانی و تنها با تغییر در زمان خارج از وسیله نقلیه می‌توان در بهترین حالت (سناریو ۱) تا ٤٠ درصد سهم مسافران را نسبت به وضع موجود برای سیستم اتوبوس‌رانی افزایش داد.

۲- در تمامی سناریوها با کاهش زمان خارج از وسیله نقلیه اتوبوس، می‌توان سهم بیشتری از تاکسی سواران (۱۰ درصد تاکسی سواران) را به سمت اتوبوس جذب کرد، با بهبود زمان داخل وسیله نقلیه می‌توان این سهم را تا ۱۷ درصد افزایش داد.

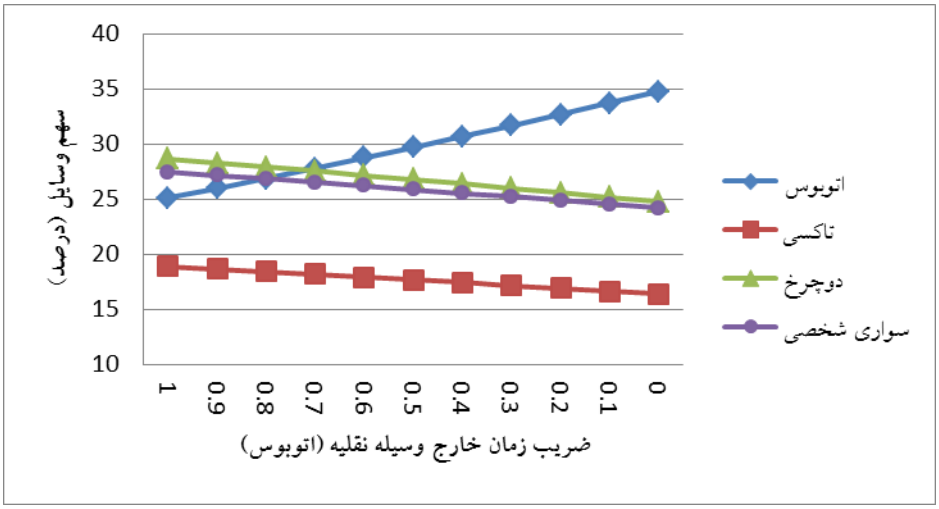
۳- با کاهش زمان خارج از اتوبوس، سهم بیشتری از مسافرین تاکسی به استفاده از اتوبوس می‌پردازند، ازاین‌رو زمان خارج از اتوبوس برای استفاده‌کنندگان از تاکسی دارای اهمیت بیشتری است تا استفاده‌کنندگان از دوچرخه و موتور، همچنین برای استفاده‌کنندگان از دوچرخه و موتور از اهمیت بیشتری در مقایسه با استفاده‌کنندگان از خودرو شخصی برخوردار است.

٤- حداکثر ظرفیت سرویس اتوبوس‌رانی در سناریو شماره ۱۰ برابر با ۳۷ درصد برآورد شد که دلیل این امر فرض ثابت ماندن تعداد تغییر خط مسافرین باشد (سناریو شماره ۱۰). در این حالت سهم تاکسی، دوچرخ و وسیله نقلیه شخصی به ترتیب ۱۵,٦٪، ۲۳,۸٪ و ۲۳٪ می‌رسد. ۳۵ درصد استفاده‌کنندگان جدید از اتوبوس مسافرینی هستند که از خودرو شخصی استفاده می‌کرده‌اند.

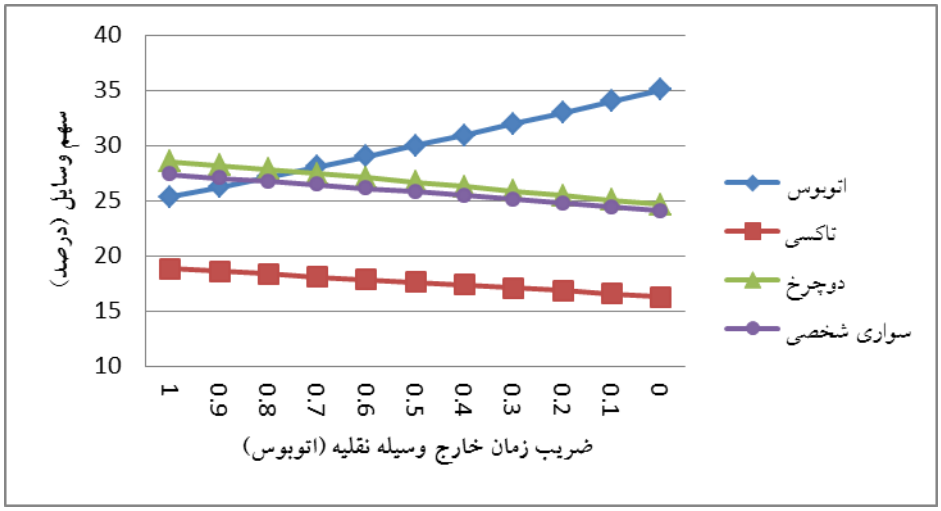
۵- با فرض این‌که یک سیستم اتوبوس تندرو[٦] کامل، سیستمی است که در آن سرعت اتوبوس کمتر از ۲ برابر سرعت اتوبوس محلی است، (سناریوی شماره‌ی ۵ معرف این سیستم است)، در این حالت و بدون تغییر در ناوگان اتوبوس‌رانی، سهم اتوبوس تنها ۲۸ درصد (۳ درصد افزایش) می‌شود، درحالی‌که بدون تغییر در خطوط، تنها با افزایش ناوگان و متعاقب آن کاهش سرفاصله‌ها می‌توان این سهم را تا ۳۵ درصد افزایش داد.

جدول ۲. شرح سناریوها، سهم بیشینه اتوبوس و کمینه سواری شخصی

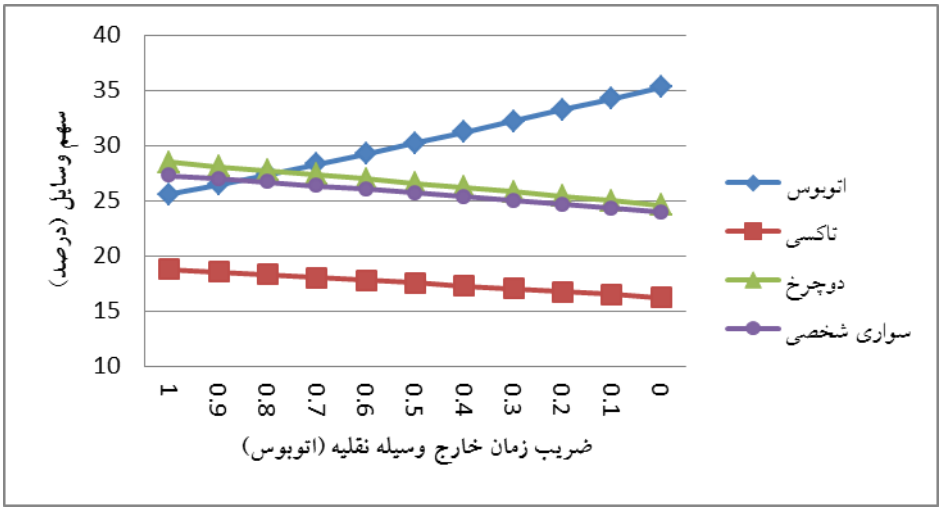
ردیف	شماره سناریو	نسبت ضریب زمان سفر داخل وسیله نقلیه به حالت موجود	حداکثر سهم اتوبوس (٪)	حداقل سهم سواری شخصی (٪)
۱	۱	۱	۲۷/۵	۲۶/۶
۲	۲	۰/۹	۲۸/٤	۲۶/۲
۳	۳	۰/۸	۲۹/٤	۲۵/۹
٤	٤	۰/۷	۳۰/۳	۲۵/۶
۵	۵	۰/۶	۳۱/۳	۲۵/۳
۶	۶	۰/۵	۳۲/۳	۲٤/۹
۷	۷	۰/٤	۳۳/۳	۲٤/۶
۸	۸	۰/۳	۳٤/۳	۲٤/۲
۹	۹	۰/۲	۳۵/٤	۲۳/۹
۱۰	۱۰	۰/۱	۳۶/٤	۲۳/۵
۱۱	۱۱	۰	۳۷/۵	۲۳/۱



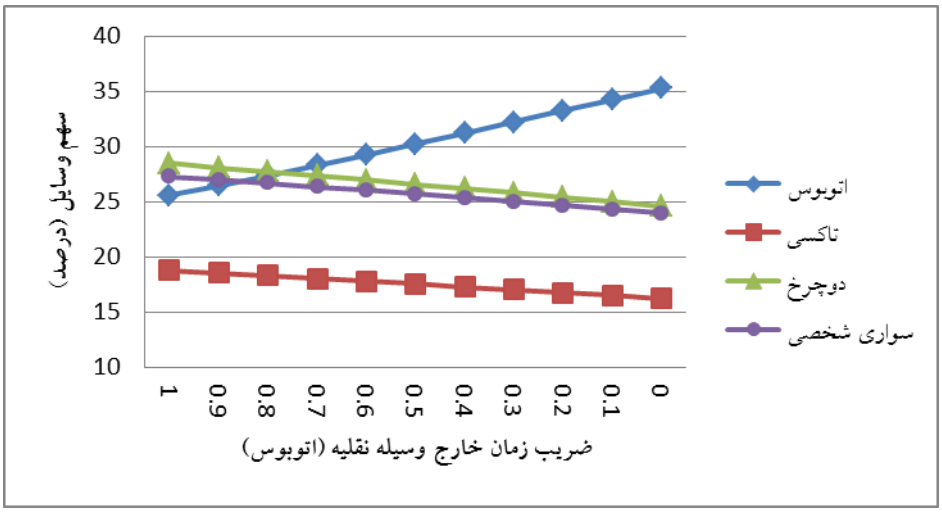
شکل ۳. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ۱: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با زمان سفر وضعیت موجود



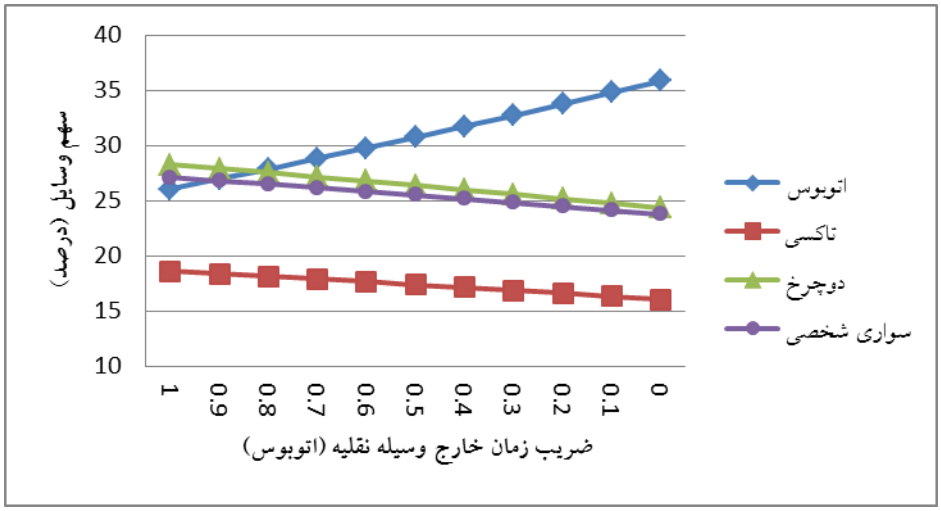
شکل ٤. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ۲: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/۹ زمان سفر وضعیت موجود



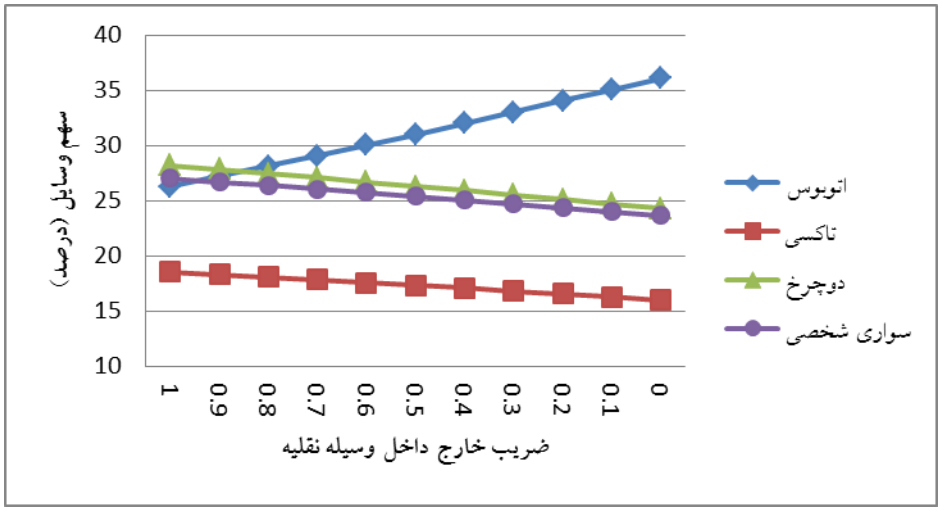
شکل ٥. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ۳: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/۸ زمان سفر وضعیت موجود



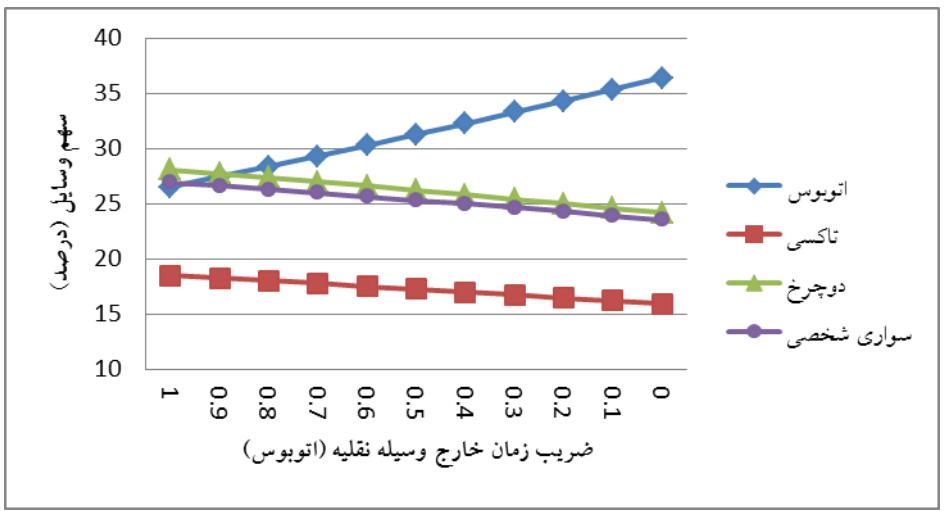
شکل ٦. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ٤: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/۷ زمان سفر وضعیت موجود



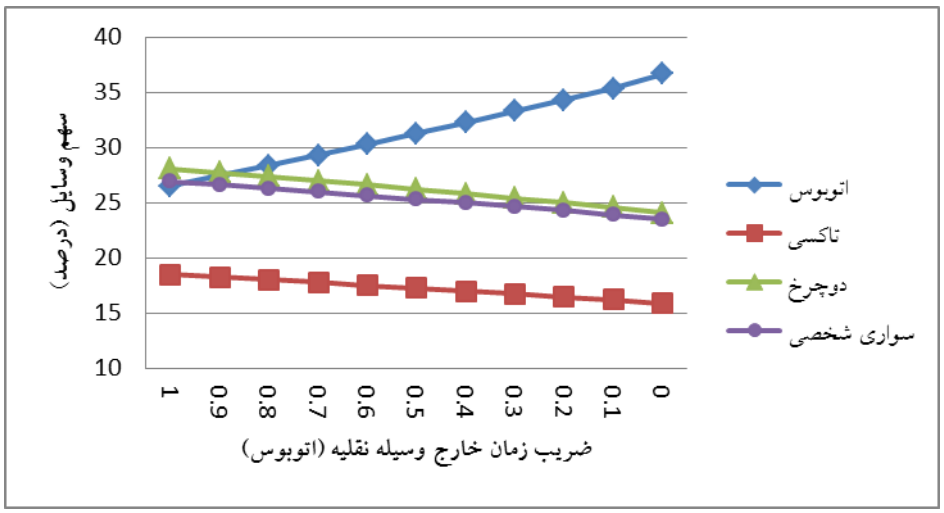
شکل ۷. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ۵: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/٦ زمان سفر وضعیت موجود



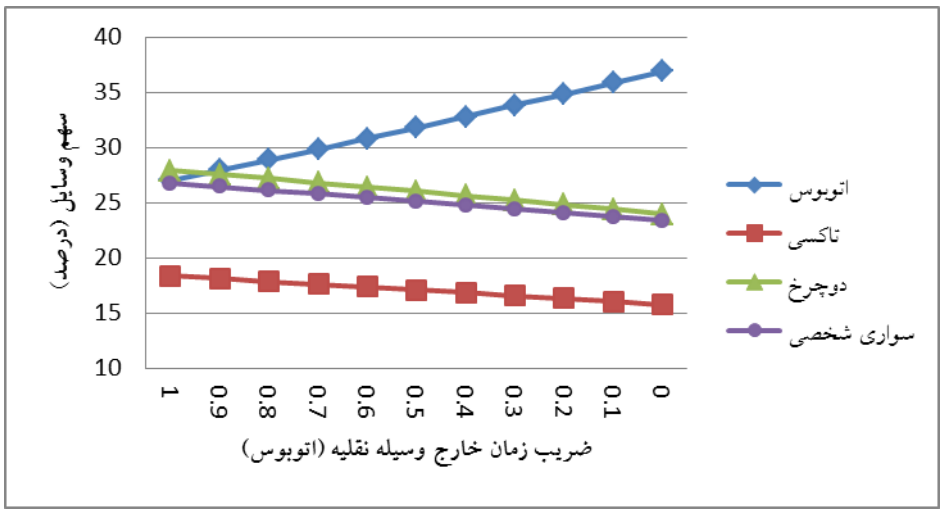
شکل ۸. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ٦: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/۵ زمان سفر وضعیت موجود



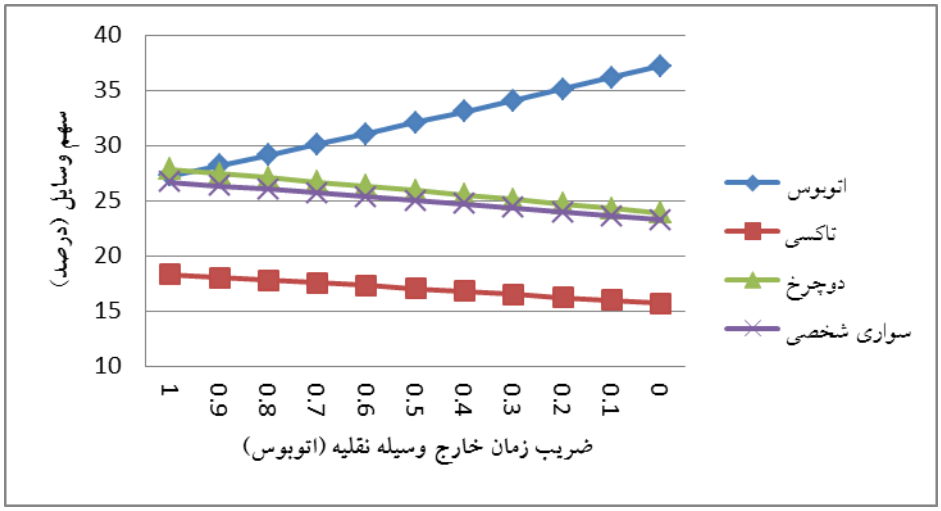
شکل ۹. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ۷: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/٤ زمان سفر وضعیت موجود



شکل ۱۰. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ۸: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/۳ زمان سفر وضعیت موجود



شکل ۱۱. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ۹: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/۲ زمان سفر وضعیت موجود



شکل ۱۲. تغییرات سهم وسایل نقلیه مختلف در سناریو ۱۰: زمان سفر داخل وسیله نقلیه، برابر با ۰/۱ زمان سفر وضعیت موجود

٤. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی حمل‌ونقل می‌تواند ابزاری مناسب در تصمیم‌گیری برای مدیران در استفاده بهینه از منابع، برای ارائه سرویس‌های حمل‌ونقل همگانی مؤثر در جهت جذب هرچه بیشتر مسافر جهت حل معضل ترافیک باشد. یکی از راه‌کارهایی که در کوتاه‌مدت به توسعه حمل‌ونقل همگانی سرعت می‌بخشد، افزایش جذابیت این سرویس برای مسافرین است. با توجه به اینکه مطالعات زیادی در زمینه تحلیل حساسیت مدل‌های انتخاب گسسته به علت پیچیدگی‌های مربوط انجام‌نشده است و به‌خصوص کمبود این‌گونه مطالعات در زمینه مدل‌های انتخاب وسیله برای شهرهای ایران، در این مقاله به بررسی تأثیر زمان داخل وسیله نقلیه و زمان خارج از وسیله نقلیه در سرویس اتوبوس‌رانی برای نمونه موردی شهر مشهد (با توجه به حجم و اعتبار زیاد داده‌ها و مطالعات مربوطه) در مرحله تفکیک شیوه سفر در قالب سناریوهای متعدد پرداخته شد. نتایج تحلیل حساسیت سهم شیوه‌های سفر کاری نشان می‌دهد که مسافرین نسبت به تغییرات زمان سفر خارج وسیله نقلیه به زمان سفر داخل وسیله نقلیه حساس‌تر می‌باشند. با ایجاد تغییرات مناسب در سیستم موجود، می‌توان سهم شیوه سفر اتوبوس را تا ۱/۵ برابر (۳۷ درصد) افزایش داد، ازاین‌رو برای جذب مسافر بیشتر برای حمل‌ونقل همگانی و تشویق مردم به استفاده از این سیستم، بهتر است تا یک سرویس حمل‌ونقل همگانی جدید معرفی شود. هم‌چنین استفاده از یک سرویس معمولی با سرفاصله‌ی زمانی کوتاه در جذب مسافر، مؤثرتر از یک سرویس تندرو با سرفاصله‌ی زمانی طولانی است که این امر نشان‌دهنده حساس بودن مسافرین به زمان خارج از وسیله نقلیه است.

لازم به یادآوری است که در این مقاله اطلاعات مدل‌های انتخاب شیوه سفر سال ۱۳۷۳ مورداستفاده قرار گرفته است. می‌توان از مدل‌های انتخاب شیوه سفر شهرهای دیگر جهت قیاس نتایج و به‌خصوص امکان انتقال‌پذیری نتایج استفاده کرد که باعث تجرید و عمومیت بیشتر نتایج و طبیعتاً کاهش هزینه‌های گردآوری داده و مدل‌سازی برای شهرهای مختلف خواهد بود. هدف پژوهش جاری عمدتاً متمرکز بر زمان سفر خارج از اتوبوس بود. در پژوهش‌های آتی همچنین، می‌توان از روش مطالعه جاری جهت تحلیل حساسیت سهم شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل (به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین چالش‌های مدیریت حمل‌ونقل) به متغیرها و عوامل دیگر نیز بهره جست.

۵. سپاسگزاری

در اینجا از مدیران و مسئولان سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهر مشهد که با در اختیار گذاشتن اطلاعات لازم، امکان انجام این پژوهش را فراهم آوردند، صمیمانه سپاس‌گزاری می‌شود.

٦. پی‌نوشت‌ها

1. Door to Door
2. Aggregate
3. Disaggregate
4. Multinomial
5. Maximum Likelihood
6. Full BRT

۷. مراجع

– صفارزاده، محمود، (۱۳۸۱) مهندسی ترافیک و ترابری، جلد دوم ترابری، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

– سیدحسینی، م. (۱۳۸۲) برنامه‌ریزی مهندسی حمل‌ونقل و تحلیل جابه‌جایی مواد، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

– مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه، (۱۳۷٦)، مطالعه شماره ۰۳-۷٦، مرکز مطالعات و تحقیقات حمل‌ونقل دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

– پایگاه اینترنتی مرکز آمار ایران، (۲۰۱۱).

– Carlton, I., (2009). Histories of Transit-Oriented Development: Perspectives on the Development of the TOD Concept. Institute of Urban and Regional Development, UC Berkeley, p. 32.

– Evans J. (2007). Chapter 17—Transit Oriented Development, in Traveler Response to Transportation System Changes. Transit Cooperative Research Program.

– Kanafani, A.K., (1983). Transportation Demand Analysis, McGraw-Hill: New York.

– Yavuz N, Welch E.W & Sriraj P.S., (2007). Individual and neighborhood determinants of perceptions of bus and transit safety in Chicago. Illinois Application of hierarchical linear modeling, Transportation Research Record 2034, pp. 19-26.

– Axhausen, K.W., (2008). Income and distance elasticities of values of travel time savings: New Swiss results. Transport Policy, Vol 15, pp. 173-185.

– Bhatta, B.P. & Larsen, O.I., (2011). Errors in variables in multinomial choice modeling: A simulation study applied to a multinomial logit model of travel mode choice. Transport Policy, pp. 326-335.

– Cervero R, & Kang C., (2011). Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. Transport Policy, pp. 15-33.

– Grotenhuis, J.-W., Wiegmans, B.W. & Rietveld, P., (2007). The desired quality of integrated multimodal travel information in public transport: Customer needs for time and effort savings. Transport Policy, Vol 14, pp. 27-38.

– Limtanakool, N., Dijst, M. & Schwanen, T., (2006). The influence of socioeconomic characteristics, land use and travel time considerations on mode choice for medium- and longer-distance trips. Journal of Transport Geography, Vol.14 No.5, pp. 327-341.

– Schwanen, T., Dieleman, F., Dijst, M., (2004). The impacts of metropolitan structure on commute behavior in the Netherlands: a multilevel approach. Growth and Change 35, pp. 304–333.

– Yoh A, Iseki H & Smart M., (2010). Hate to wait: The Effects of Wait Time on Public Transit Travelers Proportions. TRB 2011 Annual Meeting, USA.

– Currie G. & Wallis I., (2008). Effective Ways to grow urban bus markets- a Synthesis of evidence. Journal of Transport Geography, 16, pp. 419-429.

– Mishalani R., (2006). Passenger Wait Time Perceptions at Bus Stops: Emprical Result and Impact on Evaluating Real-Time Bus Arrival Information. Journal of Public Transportation.

– LIU G., (2007). A behavioral model of work-trip mode choice in Shanghai, China Economic Review, Vol.18, No.4, pp. 456-476.
– Frank, L., M. Bradley, S. Kavage, J. Chapman, and T. Lawton, (2008). Urban form, travel time, and cost relationships with tour complexity and mode choice. Transportation, Vol.35 No.1, pp. 37-54.
– Ben-Akiva, M., & Lerman, S. R., (1985). Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
– Koppelman, F. S., (1976). Guidelines for aggregate travel prediction. Transportation Research Record, 610, pp. 19−24.
– McFadden, D., & Reid, F., (1976). Aggregate travel demand forecasting from disaggregate behavioral models. Transportation Research Record, p. 534.
– Talvitie, A. P., (1976). Mathematical theory of travel demand. In P. R. Stopher & A. H. Meyburg (Eds.), Behavioral Travel Demand Models.
– Dunne, J. P., (1984). Elasticity measures and disaggregates choice models. Journal of Transport Economics and Policy, pp. 189−197.
– Http://www.amar.org.ir/portal/faces/public/census85/census85.natayej/census85.informationfile`

Sensitivity Analysis of Modal Shares
(Case Study: Mashhad Works Trips)

Amir Reza Mamdoohi*, Associate Professor, Transportation Engineering Department, Faculty of Civil & Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
Amin Mohamadi Hezaveh, MSc. Transportation Engineering Department, Faculty of Civil & Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

E-mail: armamdoohi@modares.ac.ir

Abstract
Traffic issues, negative environmental impacts and performances have caused more attention to be focused on Transportation System Management (TSM) approaches. TSM short-run approaches evaluate and analyses responses of passengers to changes in elements of system which are effective in passengers` mode choices. One of the effective strategies to increase transit ridership is creating changes in travel time of public transport to make it more attractive to passengers. In this paper, Sensitivity analysis of modal shares due to changes in bus travel time changes, for work trips in Mashhad is investigated. Investigating various scenarios for transit travel time results show that passengers are more sensitive to changes in out-of-vehicle (such as waiting time) travel time rather than in-vehicle travel time. Results indicate that building a transit system with appropriate headways and less out of vehicle times could be more effective in increasing transit ridership than building a rapid transit system without appropriate headway.

Keywords: In-vehicle time, Out-of-vehicle time, Sensitivity analysis, Logit Model, Mashhad