

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع

شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های شمال غربی شیراز، ایران

اردشیر کهن دل شیرازی، دانشجوی گروه حمل و نقل، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی، استهبان، ایران

حمیدرضا مختاریان (مسئول مکاتبات)، عضو هیأت علمی گروه حمل و نقل، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی، استهبان، ایران

E-mail: mokhtarianhr@gmail.com

پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱

دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

چکیده

تراکم ترافیک، بسیاری از شهرهای جهان از جمله کلانشهرهای ایران را با چالش‌های بزرگی روبه‌رو کرده است و سالانه هزینه‌های هنگفتی را بر جوامع تحمیل می‌کند. در این میان، پژوهش‌های گوناگون، رفت و آمدهای روزانه از مناطق حومه‌ای به مناطق مرکزی شهرها را که عموماً نیز توسط خودرو شخصی صورت می‌گیرد، عامل بخش بزرگی از تراکم ترافیک موجود می‌دانند و در سال‌های اخیر، شهر شیراز نیز از این معضل در امان نمانده است. از طرفی، بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که سامانه "حمل و نقل سریع شخصی" (PRT) از دیدگاه مشخصات و صفات، قابل قیاس با خودرو شخصی است و تمایل بالایی جهت استفاده از این سامانه در میان کاربران خودرو شخصی و به ویژه برای انجام سفرهای حومه‌ای وجود دارد. از این رو، این پژوهش با در نظرگیری جمعیت آماری کاربران خودرو شخصی دو شهرک واقع شده در منطقه شمال غربی شیراز، هدف اصلی خود را بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به تغییر مُد و استفاده از سیستم PRT تعریف نمود. این پژوهش نه تنها از دیدگاه بررسی یک کشور و منطقه جدید جغرافیایی دارای نوآوری است، بلکه از دیدگاه جهانی نیز به دلیل در نظرگیری شاخص "توقف"، بکارگیری شاخص "هزینه کل مالکیت"، برآورد زمان دقیق سفر و مسافت دقیق سفر هر پاسخ‌دهنده با خودرو شخصی توسط نقشه آنلاین و ممکن شدن محاسبه دقیق زمان سفر خاص هر پاسخ‌دهنده با PRT با کمک مسیر ویژه PRT که توسط نرم‌افزار PRTsim طراحی و ترسیم شده بود از نوآوری برخوردار است. در این پژوهش از شیوه آماربرداری "رجحان بیان شده" استفاده و طی فرآیند آماربرداری ۴۳۲ پرسشنامه گردآوری شد. برای انجام فرآیند مدل‌سازی از مدل‌های انتخاب گسسته استفاده گردید. در کنار یافته‌های گوناگون حاصل از مدل‌های مذکور، مشخص گردید که شاخص‌های "هزینه"، "زمان دسترسی/خروج" و "زمان درون وسیله نقلیه" به ترتیب به عنوان مهمترین عوامل تأثیرگذار بر انتخاب گزینه‌ها از سوی پاسخ‌دهندگان به شمار می‌روند. به علاوه، نتایج نشان دادند که در صورت پیاده‌سازی سامانه PRT، ۵۳ درصد از کاربران فعلی خودرو شخصی به این سیستم نقل مکان خواهند کرد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب گسسته، حمل و نقل سریع شخصی، رجحان بیان شده

۱. مقدمه

با افزایش استفاده از وسایل نقلیه موتوری، بسیاری از شهرها با چالش‌های بزرگی در رویارویی با تراکم ترافیک مواجه شده‌اند [United Nations, 2013] و شهرهای بزرگ ایران نیز در طی دهه‌های اخیر از این امر مستثنا نبوده‌اند [Etmnani- Ghasrodashti, Paydar and Hamidi, 2018; Nadrian et al., 2020; United Nations, 2019]. تراکم ترافیک، به عنوان تقاضا برای فضای جاده، بیش از عرضه تعریف می‌شود [Richard Dowling, 2007; INRIX, 2019] و این پدیده سبب می‌گردد تا هزینه‌های زیست محیطی و تندرستی با شدت بیشتری بر جامعه تحمیل و افراد آن جامعه هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی هنگفتی را از نقطه نظر زمان تلف شده و هزینه‌های سوخت، متحمل شوند [United Nations, 2013].

البته باید توجه داشت که یکی از علل اصلی تراکم ترافیک، استفاده از خودرو شخصی است و هزینه‌های ناشی از استفاده از خودرو شخصی نیز تنها به هزینه‌های ناشی از تراکم ترافیک محدود نمی‌شود؛ برای مثال Litman [2019] که هزینه‌های تراکم را سالانه بین ۱۳۰ تا ۵۰۰ دلار به ازای هر فرد پیش‌بینی می‌کند، ضمن ضروری دانستن توجه به هزینه‌های ناشی از تراکم ترافیک در مقایسه با سایر هزینه‌های استفاده از خودروی شخصی اظهار می‌دارد که هزینه‌های ناشی از تراکم ترافیک از یک مقدار متوسط برخوردار است که از بعضی هزینه‌های دیگر کمتر و از بعضی، بیشتر است.

همانطور که پیش‌تر نیز عنوان گردید، تراکم ترافیک یکی از معضلات شهرهای بزرگ ایران نیز محسوب می‌شود و این معضل در کلان شهر شیراز رو به افزایش است [Ghasrodashti, Paydar and Hamidi, 2018]. استانداردهای "شهر جنوب جهانی" استفاده زیاد از خودرو شخصی در شهر شیراز را تأیید و "نظرسنجی سفر خانوار شیراز" خودرو شخصی را با ۵۰ درصد سهم از کل شیوه‌های سفر، پر

استفاده‌ترین مد در این شهر معرفی می‌کند [Soltani et al., 2018]. در همین راستا، برنامه جامع ترافیکی شیراز در سال ۲۰۰۱ میلادی، نرخ مالکیت خودرو شخصی به ازای هر خانوار را برای مناطق حومه‌ای درونی، میانی و بیرونی به ترتیب ۰/۳۶، ۰/۴۵ و ۰/۵۳ اعلام می‌دارد؛ این درحالی است که داده‌های جمع‌آوری شده توسط "مرکز تحقیقات حمل و نقل و ترافیک" در دانشگاه شیراز طی زمستان سال ۲۰۱۶ میلادی، میانگین نرخ مالکیت خودرو شخصی به ازای هر خانوار را ۱/۵۹ اعلام می‌کند که این امر خود نشان دهنده رشد سریع ۲۴ درصدی در هر سال است [Soltani, 2017].

از طرف دیگر، در سال‌های اخیر، پژوهش‌های گوناگون به بررسی مشکل تراکم ترافیک ناشی از رفت و آمد روزانه از مناطق حومه‌ای به مناطق مرکزی شهر پرداخته‌اند [Friedman, Gordon and Peers, 1994; Jurkowski, 2017; Wolny and Żróbek, 2017; Wiersma, 2020; Cao, Næss and Wolday, 2019; Zhao and Bai, 2019]. پژوهشگرانی نظیر Wolny [2019] به این نتیجه رسیده‌اند که بسیاری از ساکنین مناطق حومه به علت راحتی بیشتر و در دسترس بودن بیشتر، از خودرو شخصی استفاده می‌کنند. لازم به ذکر است از آن جایی که بسیاری از ارگان‌ها و ادارات دولتی و غیردولتی، بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی، فروشگاه‌ها، رستوران‌ها، اماکن تفریحی و غیره در "ناحیه تجاری مرکزی" شیراز واقع شده‌اند، از این رو بسیاری از ساکنین شهرک‌های شیراز برای اهداف گوناگون اعم از کاری، درمانی، آموزشی و غیره می‌بایست به این ناحیه از شهر سفر کنند. این عامل به خصوص درباره سفرهای با اهداف کاری سبب به وجود آمدن پدیده "سفرهای حومه‌ای" به مرکز تجاری شهر شده است؛ بدین معنا که برای مثال افرادی با هدف کار، هر صبح به CBD شهر سفر می‌کنند و عصرها به محل سکونت خود باز می‌گردند؛ در این میان، توجه به این نکته ضروری است که ۸۸/۵ درصد از خانوارهای ساکن "حومه بیرونی" شهر شیراز، خودرو شخصی دارند و ۱۳،۳ درصد از خانوارهای مذکور دارای ۳

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

۱-۱ حمل و نقل سریع شخصی (پی آر تی)

پروژه "ارزیابی و نمایش حمل و نقل شهری نوآورانه"^۸ که توسط کنسرسیوم چهار شهر اروپایی تأسیس شد، نیاز فوری به آشکال پایدار حمل و نقل را در شهرهای واقع شده در اروپا مورد بررسی قرار داد؛ با این هدف که از این آشکال حمل و نقل پایدار به عنوان یک جایگزین برای خودرو شخصی و همچنین تکمیل کننده آشکال موجود حمل و نقل عمومی استفاده کند. شهرهای مورد بررسی در پروژه PRT, EDICT را به عنوان یک راه حل حمل و نقلی نوآورانه و پایدار برای مشکل استفاده از خودرو شخصی معرفی کردند که مشکلات تراکم، کیفیت پایین هوا و محرومیت اجتماعی در شهرها را مورد توجه قرار می‌دهد و آشکال مختلف حمل و نقل عمومی موجود را کامل می‌کند.

پروژه PRT, EDICT را اینگونه تعریف می‌کند: "PRT یک سیستم متشکل از تاکسی‌های اتوماتیک بدون راننده است که بر روی شبکه مسیر متعلق به خود حرکت می‌کند؛ این شبکه مسیر می‌تواند در ارتفاع، در سطح زمین یا زیر زمین واقع شود. خودروهای PRT می‌توانند در تمام ۲۴ ساعت روز، "بر اساس تقاضا"^۹ در همه ایستگاه‌های موجود در شبکه برای پاسخگویی به نیازهای سفر فردی، در دسترس باشند. این خودروها به صورت معمول، ظرفیت حمل ۴ تا ۶ نفر را که با یکدیگر همسفر شده‌اند، دارا هستند. در بیشتر مواقع، نیازی نیست که مسافران منتظر یک خودرو بمانند؛ بلکه همیشه یک خودرو برای استفاده شخصی آن‌ها در ایستگاه وجود دارد." [European Commission, 2004].

همچنین توجه به این موضوع ضروری است که سامانه PRT اکثراً یا به صورت شبکه‌ای برای انجام جابجایی‌های درون شهرک‌ها یا مناطق خاصی از شهرها در نظر گرفته می‌شود یا به صورت کوریدورهایی مناطق حومه‌ای شهرها مانند شهرک‌ها را به بخش‌هایی از شهرها و کلان‌شهرها مانند "ناحیه تجاری مرکزی" متصل می‌سازد؛ علت این امر نیز در ویژگی‌ها و محدودیت‌های خاص و ذاتی سامانه PRT نهفته است.

خودرو یا بیستر هستند؛ این میزان از مالکیت خودرو شخصی سبب شده است تا خانوارهای ساکن "حومه بیرونی" شیراز در مقایسه با خانوارهای ساکن حومه‌های "میانی" و "درونی" این شهر، بیشترین میزان مالکیت خودرو شخصی را داشته باشند. لازم به ذکر است که تمامی شهرک‌های شمال غربی شیراز در محدوده "حومه بیرونی" شهر قرار دارند چرا که فاصله آن‌ها از CBD شیراز بین ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر است [Soltani, 2017]. همچنین توجه به این نکته ضروری است که حتی در صورت به بهره‌برداری رسیدن توسعه غربی خط یک مترو شیراز در آینده، خط مذکور به داخل محدوده شهرک‌های واقع شده در منطقه شمال غربی شیراز وارد نخواهد شد؛ از این رو، با توجه به فاصله ساکنین این شهرک‌ها از مسیر عبور مترو و در نتیجه ایستگاه‌های آن، یقیناً احداث خطوط تغذیه کننده مترو از الزامات خواهد بود و بکارگیری خطوط مذکور نیز به علت ایجاد پدیده "تاوان انتقال"^{۱۰}، بر تصمیم مسافران بالقوه مترو به استفاده از این سامانه، تأثیر منفی خواهد گذاشت. با توجه به مطالب عنوان شده، ضروری است تا علاوه بر برخورداری از دیدی کلان در رویارویی با معضل استفاده از خودرو شخصی در سطح شهر شیراز و مشکلات مرتبط با آن، مانند تراکم ترافیک، نگاهی ویژه نیز به مناطق حومه‌ای این شهر وجود داشته باشد، تا با بکارگیری راه‌حلی نظیر ایجاد سامانه‌های حمل و نقلی جایگزین، سبب کاهش سفرهای خودرو-محور ساکنین حومه شیراز به CBD این شهر شویم؛ در همین راستا، بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که کشورهای مناطق آسیا و اقیانوسیه جهت پاسخگویی به تقاضای حمل و نقل برای جمعیت شهری در حال رشد خود و همچنین جابجایی کالا، هیچ انتخاب دیگری جز توسعه یک سیستم حمل و نقل پایدار ندارند [UNESCAP and CITYNET, 2012]؛ از این رو، برخورداری شهرهای آسیایی از یک سیستم حمل و نقل پایدار، تنها یک گزینه نیست بلکه یک ضرورت است تا علاوه بر پاسخگویی به تقاضای رو به رشد، کیفیت زندگی شهروندان خود را نیز حفظ کنند.

داده‌های حاصل از آماربرداری به شیوه "رجحان آشکار شده"^{۱۱} پرداخته خواهد شد.

داده‌های RP نشان‌دهنده داده‌های جمع‌آوری شده درباره انتخاب‌هایی است که در یک بازار واقعی انجام می‌پذیرد. به بیانی دیگر داده‌های RP نشان‌دهنده رویدادهایی هستند که در واقعیت اتفاق افتاده‌اند. از این رو شیوه آماربرداری RP در کنار مزایایی مانند قابلیت اطمینان و اعتبار، دارای محدودیت‌هایی نیز است؛ چرا که آماربرداری به شیوه مذکور تنها می‌تواند درباره گزینه‌های فعلی موجود در بازار انجام پذیرد و نه گزینه‌های جدید و نوآورانه‌ای که هنوز به صورت واقعی در بازار وجود ندارند. در مقابل، داده‌های SP بیانگر انتخاب‌هایی است که در یک موقعیت فرضی انجام پذیرفته‌اند. از این رو آماربرداری به شیوه SP، محدودیت عنوان شده درباره شیوه RP را نخواهد داشت [Hensher, Rose and Greene, 2005]؛ اما این شیوه نیز به علت پدیده‌ای به نام "جانبداری فرضی"^{۱۲} دارای محدودیت است؛ منظور از "جانبداری فرضی" این است که تصمیماتی که در آزمون انتخاب بیان شده یا به طور کلی شیوه آماربرداری رجحان بیان شده عنوان می‌گردند نمایانگر رفتارهایی نیستند که در بازار واقعی اتفاق می‌افتند [Samuelson, 1955; Mitchell and Carson, 1989] و این جانبداری به علت ماهیت فرضی آزمون رجحان بیان شده ایجاد می‌شود [Beck, 2016]؛ از این رو بسیاری از پژوهش‌ها به طور همزمان از هر دو شیوه آماربرداری استفاده می‌کنند تا مزایای یکی، معایب دیگری را پوشش دهد [Hensher, Rose and Greene, 2005].

شایان به توجه است که در سال‌های اخیر، پژوهش‌های فراوانی از شیوه‌های SP و RP جهت بررسی ترجیحات جوامع نسبت به انتخاب مد سفر بهره جسته‌اند [Deka and Carnegie, 2021; Kalyanpad, Hanni and Rao, 2020; Jin, An, Yao, 2020; Ilahi et al., 2021; Weis et al., 2021].

از این رو، این پژوهش قصد دارد تا با در نظرگیری جمعیت آماری کاربران خودرو شخصی دو شهرک واقع شده در منطقه شمال غربی شیراز به نام‌های گلستان و بهشتی و با استفاده از شیوه آماربرداری "رجحان بیان شده"^{۱۱}، میزان تمایل کاربران بالقوه نسبت به تغییر مد و استفاده از سیستم PRT را بررسی نماید و در نتیجه به این پرسش اصلی، پاسخ دهد که در صورت معرفی سامانه PRT به عنوان یک سیستم حمل و نقل که شهرک‌های مذکور را به CBD کلانشهر شیراز متصل می‌کند، چه تعداد از جمعیت این دو شهرک، تحت چه شرایط و با چه ویژگی‌هایی از سامانه مذکور استفاده خواهند کرد. فرضیات این پژوهش عبارت‌اند از:

۱. میان "زمان درون وسیله نقلیه" کاربران بالقوه PRT و تمایل آن‌ها به استفاده از این مد، رابطه غیر مستقیم وجود دارد.
 ۲. میان "هزینه سفر PRT و تمایل کاربران بالقوه به استفاده از این مد، رابطه غیر مستقیم وجود دارد.
 ۳. میان "زمان دسترسی/خروج PRT و تمایل کاربران بالقوه به استفاده از این مد، رابطه غیر مستقیم وجود دارد.
- ساختار بخش‌های دیگر این پژوهش بدین شرح است:
- بخش دوم به بررسی ادبیات و پیشینه پژوهش می‌پردازد؛ بخش سوم به روش‌شناسی پژوهش اختصاص یافته است و در بخش چهارم مدل‌ها ساخته خواهند شد و نتایج مورد بررسی قرار خواهند گرفت؛ در پایان این پژوهش، در قالب بخش پنجم، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری انجام و محدودیت‌های پژوهش و پیشنهادات عنوان خواهد شد.

۲. ادبیات و پیشینه پژوهش

از آنجایی که این پژوهش قصد دارد تا از شیوه آماربرداری "رجحان بیان شده" جهت برآورد میزان تمایل افراد به تغییر مد و استفاده از سیستم PRT بهره‌گیرد، در ابتدا به بررسی اجمالی داده‌های حاصل از شیوه آماربرداری مذکور و تفاوت آن‌ها با

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

نظرسنجی از نوع "رجحان بیان شده" انجام پذیرفت و نشان داد که المان‌های حذف زمان انتظار در سیستم PRT و ارائه سفرهای مستقیم و راحت توسط این سامانه، یک فاکتور جذاب برای تمامی کاربران حمل و نقلی (شامل کاربران خودرو شخصی و حمل و نقل عمومی) به حساب می‌آید. همچنین در بخش دیگری از نتایج پروژه EDICT، تحت عنوان "ایمنی و امنیت" که با کمک "نظرسنجی‌های رجحان بیان شده" و آزمایش‌های کاربران "آلترا"^{۱۳} بدست آمده بود عنوان می‌شود از آنجایی که در زمان انجام این پروژه، یعنی سال ۲۰۰۴ میلادی، سیستم PRT تا به حال وجود نداشته است و عموم، چیزی را ندارد که با آن قیاس کند از این رو پاسخ‌دهندگان نسبت به قابلیت اطمینان فنی و بهره‌وری آن و اینکه در شرایط سخت آب و هوایی چگونه عمل می‌کند دچار تردید هستند.

در سال ۲۰۰۵ میلادی در شهر آلملو^{۱۴} کشور هلند پژوهشی دیگر، با کمک پرسشنامه "رجحان بیان شده" انجام پذیرفت و ضرایب موردنیاز برای یک "مدل لجیت" که بر روی انتخاب مد از سوی مسافران تمرکز داشت برآورد شد. سپس مدل مذکور با هدف تولید ماتریس مبدأ-مقصد آینده در یک آنالیز تقاضای ترافیک استفاده گردید. از این طریق پیش‌بینی شد که تعداد ۶۱۰۰ مسافر در هر روز از سرویس PRT استفاده خواهند کرد. در پایان، این پژوهش عنوان می‌کند که بکارگیری "شبیه‌سازی مایکرو"^{۱۵} نشان داد که تعداد ۴۰ خودرو برای تضمین سطح کیفیت بالا و تأمین تقاضای ترافیک در پیک صبح موردنیاز است که در این صورت زمان‌های انتظار برای ۸۵ درصد مسافران کمتر از ۳ دقیقه خواهد بود [M. Minderhoud and van Zuylen, 2005].

در پژوهشی دیگر که در منطقه بندر وال/امشاون^{۱۶}، در کشور سوئیس به انجام رسیده و در سال ۲۰۱۰ منتشر شده است، برای دستیابی به تقاضای سفر PRT از روش "رجحان بیان شده" مبتنی بر اینترنت استفاده گردید تا به کمک "مدل لجیت چند-جمله‌ای"^{۱۷}، دیدگاه مسافران نسبت به سامانه PRT مورد تحقیق

با توجه به شیوه آمابرداری این پژوهش، سعی بر آن شد تا در کنار واکاوی سایر تحقیقات مرتبط با سامانه PRT، پژوهش‌هایی بیشتر مورد بررسی قرار گیرند که از شیوه "رجحان بیان شده" بهره‌جسته‌اند. در ادامه به بررسی این تحقیقات پرداخته خواهد شد.

در پژوهشی که در شهر استکهلم کشور سوئد و با هدف تعریف یک مسیر بالقوه برای سامانه PRT انجام پذیرفت، یک نظرسنجی از نوع "رجحان بیان شده"، با هدف بررسی تمایل به پرداخت پاسخ‌دهندگان برای فاکتورهای راحتی سیستم PRT به انجام رسید [Tegner, 1999]. فاکتورهای مذکور عبارت بودند از: زمان درون وسیله‌نقلیه PRT، سرفاصله PRT، زمان درون وسیله‌نقلیه اتوبوس و سرفاصله اتوبوس. نتایج بدست آمده از زمان درون وسیله‌نقلیه و همچنین تناوب سفر یا همان سرفاصله، هیچ انحراف قابل توجهی را در ارزش جزء زمان سفر برای سفر با PRT در مقایسه با سفر با اتوبوس نشان نداد. همچنین در ادامه از نتایج اینگونه استنتاج شد که برخورداری از ایستگاه‌هایی که در آن اپراتور انسانی وجود دارد در مقایسه با ایستگاه‌هایی که فاقد اپراتور انسانی است، ارزش بسیار بالایی دارد (۰٫۵ دلار آمریکا)؛ که این امر از عدم امنیت در اغلب ایستگاه‌های مترو و قطار شهر استکهلم حکایت دارد. در پایان، این پژوهش اظهار می‌دارد که سفر در ارتفاع ۵ متر بالاتر از سطح به وسیله خودروی PRT یک ارزش منفی کم (۷- سنت) را به همراه دارد.

در پژوهشی دیگر تحت عنوان پروژه EDICT که در چهار شهر اروپایی و با همراهی ۱۲ سازمان پژوهشی انجام پذیرفت، پژوهشگران و مسئولین حمل و نقلی، سیستم PRT را ارزیابی کردند [European Commission, 2004]. این ارزیابی جنبه‌های فنی، زیست‌محیطی، اجتماعی و مزیت‌های مالی سیستم PRT را مورد بررسی قرار داد. هدف نهایی این ارزیابی بهتر شدن حمل و نقل شهری اروپا در آینده بود. در بخشی از نتایج این پروژه تحت عنوان "بهره‌وری و کیفیت حمل و نقل"، یک

شمول^{۱۹} است)، سهم مُد PRT غالب خواهد شد و همچنین در بیش از نیمی از ۱۰ شهر مذکور، سهم حمل و نقل خصوصی شامل سواری و موتورسیکلت به زیر ۱۵ درصد کاهش خواهد یافت.

در پژوهشی که توسط [Jain et al., 2016] و در شهر "دارکا" کشور هند انجام شد، تقاضای سفر برای یک سیستم PRT با استفاده از روش "رجحان بیان شده" و "مدل‌های لجیست دوگانه" برآورد گردید. نظرسنجی‌های این پژوهش با استفاده از روش "رجحان بیان شده" و با کمک شاخص‌هایی نظیر "هزینه سفر"، "زمان سفر" و "مسافت سفر" به انجام رسید که البته در کنار آنها نظرسنجی‌هایی نیز جهت بررسی شاخص "تمایل به پرداخت"^{۲۰} و "تمایل به انتقال"^{۲۱} صورت پذیرفت. این پژوهش اظهار می‌دارد که "توابع مطلوبیت"^{۲۲} و "مدل‌های باینری لجیست" با استفاده از فاکتورهای نظیر هزینه سفر و زمان سفر، برآورد کردند که ۳۶/۶ درصد کل سفرها که معادل با ۴۵۶ ۲۲۲ سفر در هر روز می‌شود از مُدهای موجود به سامانه PRT نقل مکان می‌کنند. در ادامه این پژوهشگران اعلام می‌دارند که بیشترین سفرهایی که به PRT نقل مکان می‌کنند متعلق به گروه خودرو شخصی است که این عامل از آنجایی که سبب کاهش خودروهای موجود می‌شود، باعث کاهش تراکم و آلودگی هوا نیز خواهد شد.

در تحقیقی دیگر که در سال ۲۰۱۹ میلادی منتشر گردید عنوان شده است که به علت مشکلات فراوان موجود در سیستم حمل و نقل عمومی اتوبوس در شهر کلمبو، پایتخت کشور سریلانکا و نارضایتی مسافران در پی این مشکلات، راه حلی مبتنی بر پیاده‌سازی یک سامانه PRT ارائه گردید [Manike et al., 2019]. هدف پژوهش مذکور، بررسی و کشف فاکتورهای تأثیرگذار بر انتخاب PRT در شهر کلمبو بود. برای شناسایی کوواریانس میان متغیرها از یک تحلیل فاکتور، برای دریافتن روابط معنادار میان متغیرها از آزمون فرضیه و با توجه به متغیرهای جمعیت‌شناختی و فاکتورهای شناسایی شده از آزمون

و بررسی قرار گیرد و همچنین تعیین شود که چه تعداد از افراد از این سیستم استفاده خواهند کرد [Li et al., 2010a]؛ نتایج نشان داد که سامانه PRT برای ۲ ساعت در پیک صبح، تعداد ۴۰۰۰ سفر را جذب خواهد کرد و همچنین ارزش مالی زمان انتظار در ایستگاه برای پاسخ‌دهندگان ۱۰ یورو به ازای هر ساعت خواهد بود. در این تحقیق، نظرسنجی "رجحان بیان شده" دارای سه بخش بود: ۱- سؤالاتی درباره وضعیت سفر کنونی، شامل زمان/محل عزیمت، مد سفر، مقصد، زمان رسیدن و غیره ۲- دومین بخش شامل آزمون "رجحان بیان شده" ای بود که در آن گزینه‌ها به همراه صفاتشان، با هدف تعیین وزن هر یک از صفات برای هر گزینه، نمایش داده می‌شد؛ در این بخش ۹ سناریو انتخاب با هدف مشخص شدن انتخاب پاسخ‌دهندگان از میان مدهای گوناگونی که زمان سفر، زمان انتظار، زمان پیاده‌روی و هزینه متفاوتی داشتند، ارائه گردید. گزینه‌های این پژوهش شامل خودرو شخصی، دوچرخه و حمل و نقل عمومی شامل اتوبوس، مترو، ترم^{۱۷} و PRT بود. ۳- سومین بخش نظرسنجی شامل مشخصات اجتماعی-اقتصادی پاسخ‌دهندگان مانند سطح تحصیلات، درآمد و غیره می‌شد.

در سال ۲۰۱۳ میلادی، پژوهشی دیگر که در آن یک نظرسنجی از نوع "رجحان بیان شده"، با هدف تعیین سهم حمل و نقل عمومی به عنوان تابعی از ویژگی‌های سرویس حمل و نقل عمومی در ۱۰ شهر اروپای مرکزی به انجام رسیده بود منتشر گردید [Schweizer and Meggs, 2013]. نتایج این پژوهش نشان داد که بر طبق ترجیحات بیان شده، حداکثر سهم سواری PRT قویاً به سطح کنونی استفاده از حمل و نقل عمومی بستگی دارد؛ این بدین معنی است که اگر اکنون یک سیستم PRT در شرف معرفی بود، سهم بالای استفاده از حمل و نقل عمومی منجر به ایجاد سهم بالای بالقوه سواری PRT می‌شد. این پژوهش در ادامه می‌افزاید که در پروژه "بایسی"^{۱۸}، برآورد تقاضای مستقیم نشان داد که پس از فراهم‌سازی یک شبکه PRT که تمام شهر را پوشش می‌دهد (یا به عبارت دیگر "شهر

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

[Földes and Csiszar, 2021]. در این پژوهش، پرسشنامه-ای با هدف جمع‌آوری انتظارات کاربران نسبت به خدمات PRT پیشرفته در فرودگاه، تنظیم و توزیع گردید؛ پرسشنامه مذکور از سه بخش گوناگون تشکیل شده بود: سؤالات شخصی مرتبط با گروه سنی و درآمد، سؤالاتی درباره عادات سفر افراد، نظیر مد حمل‌ونقلی استفاده شده توسط آنها و تعداد دفعات سفرهای هوایی و سؤالاتی درباره سامانه PRT با هدف واکاوی انتظارات درباره خدمات این سیستم. این پژوهش، نتایج گوناگونی را به همراه داشت؛ برای نمونه مشخص گردید که مسافت پیاده‌روی زیاد، از نقطه نظر کاربران، به عنوان یک فاکتور بازدارنده از انجام عمل پیاده‌روی به حساب نمی‌آید یا افرادی که درآمد کمتری دارند، به خصوص در نسل هزاره^{۲۰}، نسبت به قیمت حساسیت بیشتری دارند و در بیشتر اوقات، مشتری خدماتی می‌شوند که کمترین قیمت را دارد و ممکن است سطوح مختلفی از انتظارات را نیز داشته باشند یا اگر فاصله از ایستگاه PRT تا ترمینال کمتر از ۵۰۰ متر باشد، مسافران جوان با درآمد کم ترجیح می‌دهند به جای پرداخت هزینه خدمات PRT، پیاده‌روی کنند. در سال‌های اخیر، انواع گوناگونی از سامانه‌های حمل و نقل سریع شخصی، طراحی و معرفی گردیده‌اند و بنابراین تحقیقاتی نیز در زمینه این گونه‌های نوین PRT به انجام رسیده است؛ برای مثال [Díez-Jiménez et al. [2021] در طی پژوهشی به معرفی یک فناوری نوآورانه PRT به نام "اپتیمتوس"^{۲۶} که سازگار با زیرساخت‌های فعلی سیستم مترو است پرداخته‌اند. نکته اصلی این فناوری، امکان سفر بدون توقف مسافران و در نتیجه، چند برابر شدن سرعت مؤثر سفر است. این پژوهش نشان می‌دهد که در خطوط مترویی که فواصل ایستگاه‌ها کوتاه (کمتر از ۱۰۰۰ متر) و سفرها طولانی (بیش از ۵ ایستگاه) است، سرعت سفر مسافران با OPTIMOTUS می‌تواند تا ۳/۵ برابر از سرعت سفر آنها با قطارهای مترو معمولی سریعتر شود. افزون بر این، با توجه به سازگاری خودروهای این سامانه با ریل‌های مترو فعلی، هزینه‌های پیاده‌سازی آن نسبتاً کم خواهد بود. در

کروسکال-والیس استفاده گردید. از آنجایی که متغیر دوگانه، متغیر وابسته را تعیین می‌کرد، رگرسیون لجستیک دوگانه نیز به کار گرفته شد. در نهایت، زمان پیک و زمان انتظار به عنوان فاکتورهای تعیین کننده در انتخاب سامانه PRT شناسایی گردیدند. استفاده از تحلیل متغیر سبب گردید تا متغیرها به چهار فاکتور تقسیم شوند و این فاکتورها عبارت بودند از: ویژگی‌های سامانه PRT، نیاز مسافران، انتظارات جامعه و حمایت از محیط-زیست.

تقاضا برای مدهای حمل و نقلی جدید نظیر PRT با هدف اتصال سفر کُست مایل^{۳۳} و فرست مایل^{۲۴} و همچنین پاسخگویی به نیاز افراد برای انجام سفرهای کوتاه‌برد سبب گردید تا در سال ۲۰۲۰ میلادی [Kim et al. [2020] پژوهشی را در دو منطقه از استان گیونگی در کشور کره جنوبی به انجام رسانند. فاکتورهای متعددی در انتخاب مد برای انجام سفر کوتاه‌برد حین فرآیند مدل‌سازی این پژوهش در نظر گرفته شد؛ این فاکتورها عبارت بودند از: ویژگی‌های سفر (به مانند زمان سفر، مسافت سفر و هدف سفر)، ویژگی‌های محیطی (به مانند راحتی پیاده-روی و آب و هوا)، ویژگی‌های فردی (به مانند جنسیت و سن)، هدف سفر، شرایط آب و هوایی، کرایه PRT، زمان سفر و برخورداری از همراه. این مطالعه، رویکردی را با استفاده از "مدل‌های رگرسیون لجستیک" و با هدف درک ویژگی‌هایی که انتخاب مد را در یک سفر کوتاه‌برد تعیین می‌کند ارائه می‌دهد. پس از در نظر گرفتن فاکتورهای گوناگون، مشخص گردید که هدف سفر همراه با شرایط آب و هوایی، تأثیر قابل توجهی بر انتخاب مد PRT از جانب مسافران در سفرهای کوتاه‌برد دارد. در سال ۲۰۲۱ میلادی، پژوهشی دیگر منتشر گردید که ایجاد یک سامانه PRT را برای اتصال پارکینگ به ترمینال فرودگاه بوداپست، پایتخت کشور مجارستان، در قالب یک سیستم شاتل، جهت ارائه خدمات پروازی یکپارچه در حین سفر نظیر پذیرش و جابجایی بار مسافران مورد بررسی قرار می‌داد [Kenku,

PRT در زمان عملکرد معمولی و همچنین در هنگام هر وضعیت اضطراری به مانند بیماری کرونا اعلام کردند. شایان به توجه است که تحت عملکرد معمولی، بیش از ۵۵ درصد از کل پاسخ-دهندگان حاضر به پرداخت کرایه، تا بیش از ۲۵ درصد کرایه پایه بودند. تحت وضعیت اضطراری، تنها ۴۵ درصد از کل پاسخ-دهندگان حاضر به پرداخت کرایه، تا بیش از ۲۵ درصد کرایه پایه بودند. در ادامه، این پژوهش اظهار می‌دارد که به طور واضح، در هنگام وضعیت اضطراری، کاربران حاضر هستند تا کرایه بیشتری را برای گزینه‌های ایمن سفر پرداخت کنند؛ برای نمونه، تعداد افرادی که حاضر به پرداخت کرایه‌هایی از ۲۵ تا ۵۰ درصد و از ۵۰ تا ۷۵ درصد، بیشتر از کرایه پایه بودند به شکل معناداری در یک وضعیت اضطراری بیشتر بود.

۳. روش شناسی

این پژوهش از جنبه‌های بسیاری دارای نوآوری است. براساس بهترین آگاهی نویسندگان این پژوهش، بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی، برای نخستین بار در کشور و حتی در منطقه خاورمیانه توسط این پژوهش انجام شده است؛ بنابراین از نظر جغرافیایی و بررسی دیدگاه بافت جمعیتی کشور ایران و منطقه خاورمیانه نسبت به سامانه PRT، از نوآوری برخوردار است. همچنین براساس بهترین آگاهی نویسندگان این پژوهش، از نقطه نظر جهانی نیز در نظرگیری شاخص "توقف" و بررسی تأثیر آن بر انتخاب گزینه PRT از سوی پاسخ‌دهندگان یکی از اصلی‌ترین و مهمترین جنبه‌های نوآوری پژوهش حاضر به حساب می‌آید؛ به علاوه، بر مبنای بالاترین آگاهی نویسندگان، تاکنون در سطح دنیا، هیچ پژوهشی در زمینه PRT جهت برآورد هزینه سفر خودرو شخصی از شاخص "هزینه کل مالکیت"^{۲۹} استفاده نکرده است؛ استفاده از این شاخص که خود شاخص‌های بسیاری را تحت پوشش دارد سبب ارائه برآوردی دقیق از هزینه سفر و در نتیجه آن افزایش دقت و افزایش قابلیت اطمینان و اتکاء به نتایج کلی پژوهش می‌گردد. همچنین برآورد زمان دقیق سفر و مسافت فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال چهاردهم / شماره اول (۵۴) / پاییز ۱۴۰۱

پایان، این پژوهش اظهار می‌دارد که با این حال هنوز بسیاری از موارد وجود دارد که می‌بایست پیش از ادعای ماندگاری کامل این فناوری، مهندسی شود.

در بخشی از پژوهشی دیگر که توسط Sovacool and H.Yazdi [2019] به انجام رسید ده‌ها مجموعه مشخصات، مرتبط با دو سامانه ریلی سبک خودکار شامل "حمل و نقل ریلی سبک داکلندز"^{۲۷} در انگلستان و حمل و نقل سریع شخصی در حال ظهور در لهستان، شناسایی گردید. این پژوهش در بخش نتایج، به طور خاص در رابطه با PRT اعلام می‌دارد که این سامانه حمل و نقلی نه تنها یک مد حمل و نقلی قابل اطمینان و امن به حساب می‌آید بلکه این سیستم، یک شگفتی فنی، یک نماد از شکستن انحصار، یک شکل پاک و پایدار از جابجایی و بازتابی یا از نوآوری مترقی لهستان و کارآفرینی یا از تاب‌آوری در مقابل شکست است.

Thombre and Agarwal [2021] طی پژوهشی به بررسی تأثیر بیماری کرونا بر رفتار سفر و الگوهای جابجایی افراد، از طریق انجام یک نظرسنجی اینترنتی در اقامتگاه‌های شهری کشور هند پرداختند. یکی از چندین اهداف این پژوهش، ثبت انتخاب-های مد سفر، پیش، در هنگام و پس از وضعیت همه‌گیری کرونا بود. در کنار یافته‌های فراوان حاصل از این تحقیق، نویسندگان این پژوهش در ارتباط با PRT چنین اظهار می‌دارند که این سامانه حمل و نقلی، یک گزینه جایگزین برای کاربران وسایل نقلیه موتوری شخصی به حساب می‌آید و همچنین می‌توان آن را به عنوان یک سیستم تغذیه‌کننده^{۲۸} رسمی مؤثر برای سامانه حمل و نقل عمومی معمولی بکار گرفت. در ادامه، نویسندگان این پژوهش اعلام می‌دارند که سیستم‌هایی به مانند PRT، هم می‌توانند در وضعیت اضطراری مورد استفاده قرار بگیرند و هم در زمان‌هایی که عملکرد معمولی مورد نیاز است. در بخشی از پرسشنامه این تحقیق، از پاسخ‌دهندگان خواسته می‌شد تا پاسخ-های خود را درباره سامانه PRT اعلام نمایند. بیش از ۵۰ درصد از کل پاسخ‌دهندگان، آمادگی خود را برای استفاده از سیستم

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران



شکل ۱. الف- تصویر هوایی از شهر شیراز و حومه

شکل ۱. ب- شهرک‌های گلستان و بهشتی

همانطور که از جدول ۱. برداشت خواهد شد، براساس سرشماری صورت گرفته در سال ۱۳۹۵ خورشیدی، جمع جمعیت ۲ شهرک نامبرده شده به عدد ۴۴۸۰۸ نفر می‌رسد که ۵۰/۰۷ درصد این رقم را مردان و ۴۹/۹۳ درصد آن را زنان تشکیل می‌دهند. لازم به ذکر است که در نهایت، نمونه آماری این پژوهش عبارت بود از ۴۳۲ نفر که ۵۳/۷۰ درصد از نمونه مذکور را مردان و ۴۶/۳۰ درصد را زنان تشکیل می‌دادند.

جدول ۱. جمعیت دو شهرک گلستان و بهشتی به تفکیک جنسیت

نام شهرک	جمعیت کل (نفر)	جمعیت مرد (نفر)	جمعیت زن (نفر)
گلستان	۳۸۲۶۹	۱۹۲۳۲	۱۹۰۳۷
بهشتی	۶۵۳۹	۳۲۰۴	۳۳۳۵
جمع	۴۴۸۰۸	۲۲۴۳۶	۲۲۳۷۲
درصد	۱۰۰	%۵۰/۰۷	%۴۹/۹۳

دقیق سفر هر یک از پاسخ‌دهندگان با خودرو شخصی توسط نقشه آنلاینی که در پرسشنامه قرار داده شده بود از دیگر جنبه‌های نوآوری این پژوهش است که سبب ارتقاء دقت و کیفیت نتایج کلی پژوهش مذکور شد. افزون بر این، ممکن شدن محاسبه دقیق زمان سفر خاص هر پاسخ‌دهنده با PRT براساس نزدیکترین ایستگاه به مبدأ و مقصد آن فرد، با کمک مسیر ویژه PRT که توسط نرم‌افزار PRTsim، نرم‌افزاری تخصصی در زمینه طراحی سامانه‌های PRT، طراحی و ترسیم شده بود از دیگر جنبه‌های نوآوری این پژوهش است.

۳-۱ جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری این پژوهش را کاربران خودرو شخصی ساکن در دو شهرک واقع شده در منطقه شمال غربی شیراز به نام‌های گلستان و بهشتی تشکیل می‌دهند (شکل ۱. الف و شکل ۱. ب). علت در نظرگیری ساکنین شهرک‌های گلستان و بهشتی به عنوان جامعه آماری، وجود تفاوت‌هایی در این دو شهرک در مقایسه با سایر شهرک‌های محدوده شمال غربی شیراز است. برای مثال، شهرک گلستان، پرجمعیت‌ترین در میان سایر شهرک‌های واقع شده در شمال غربی شیراز است و بررسی‌های محلی نشان از بالاتر بودن درآمد ماهیانه ساکنین شهرک بهشتی نسبت به ساکنین سایر شهرک‌های واقع شده در محدوده مذکور داشت. از این رو محتمل است که تفاوت‌های مذکور بر میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به تغییر مد و استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی تأثیرگذار باشد. علل برگزیدن کاربران خودروی شخصی نیز جهت انجام نظرسنجی عبارت بودند از: ۱- ساکنین این دو شهرک به میزان کمی از شیوه‌های غیر خودروی شخصی برای سفر به مرکز شهر استفاده می‌کنند. ۲- از آنجایی که هزینه سفر با حمل و نقل همگانی انبوه (مانند اتوبوس) بسیار ناچیز است (حدود ۱۰۰۰ تومان) عملاً هیچ گزینه‌ای توانایی رقابت با آن را نخواهد داشت.

۲-۳ طراحی پرسشنامه

همانطور که پیش‌تر نیز عنوان گردید در این پژوهش از آماربرداری "رجحان بیان‌شده" استفاده شده که ابزار آماربرداری مهمی برای فهم پاسخ‌های رفتاری و ترجیحات مصرف‌کنندگان برای خدمات حمل و نقلی مختلف است (Sikka, 2012). هدف از انجام چنین آزمایش‌هایی تعیین تأثیر مستقل متغیرهای مختلف بر نتیجه مشاهده شده و تمایل به استفاده شهروندان از PRT به عنوان شیوه سفر بوده است.

با توجه به شرایط پاندمی کرونا و در پی آن محدودیت‌های به وجود آمده از دیدگاه مواجهه و صحبت با افراد، با هدف حفظ تندرستی پرسشگران و پاسخ‌دهندگان، پرسشنامه این پژوهش به صورت اینترنتی و وبسایت آن با استفاده از "زبان نشانه گذاری ابرمتنی"^{۳۰} طراحی گردید. لازم به ذکر است، با هدف حصول اطمینان از کیفیت داده‌ها، ثبت هر پرسشنامه منوط به پاسخگویی به تمامی پرسش‌ها بود و در صورت عدم تکمیل همه بخش‌ها، پرسشنامه ثبت نمی‌شد.

پرسشنامه مذکور، دارای ۶ کد متفاوت بود؛ این کدبندی با هدف ایجاد تفاوت در سطوح صفات گزینه‌های موجود در هر پرسشنامه انجام گردید؛ لازم به ذکر است که سایر بخش‌های تمامی پرسشنامه‌ها (فارغ از شماره کد آنها)، کاملاً مشابه یکدیگر بود.

در ابتدای هر پرسشنامه تصویری از محدوده و مرزهای CBD شیراز به هر یک از پاسخ‌دهندگان نشان داده می‌شد؛ سپس از آنها پرسیده می‌شد که آیا در هفته گذشته/جاری با خودروی شخصی به CBD یا بالعکس سفر کرده‌اند یا خیر و تنها در صورتی که فرد پاسخ دهنده به پرسش مذکور پاسخ مثبت می‌داد موفق به ادامه نظرسنجی می‌شد. هر پرسشنامه متشکل از دو بخش بود:

۱-۲-۳ اطلاعات فردی و اقتصادی-اجتماعی

این اطلاعات عبارت‌اند از: سن، جنسیت، شغل، تحصیلات، تعداد خودرو یا خودروهای شخصی موجود در خانواده همراه با نام و سال ساخت، متراژ خانه و صاحب خانه یا مستأجر بودن.

۲-۲-۳ آزمون انتخاب بیان شده^{۳۱}

این زیربخش خود شامل سه قسمت می‌شود:

- رجحان آشکارشده (اطلاعات سفر)

این بخش از پرسشنامه به جمع‌آوری اطلاعات درباره سفری که پاسخ‌دهندگان پیش‌تر انجام آن را در هفته گذشته/جاری اذعان کرده بودند می‌پردازد. اطلاعاتی مانند هدف سفر، ساعت شروع سفر، کل زمان سفر، شیوه دسترسی، زمان دسترسی، مبدأ و مقصد سفر، مسافت بین مبدأ و مقصد سفر و غیره.

- آگاهی رسانی درباره PRT

با هدف آشنایی پاسخ‌دهندگان با سامانه PRT، یک کلیپ ویدئویی که چگونگی استفاده از سامانه PRT را از لحظه سوار شدن به خودروهای آن تا لحظه پیاده شدن از خودروهای مذکور نشان می‌داد، برای هر یک از پاسخ‌دهندگان به نمایش درآمد.

- پرسش‌های رجحان بیان شده

در این بخش از پاسخ‌دهندگان خواسته می‌شد تا چنان فرض کنند که زمانی که آنها سفر خود را با خودرو شخصی به انجام رساندند، سامانه PRT نیز وجود داشت؛ سپس از آنها خواسته می‌شد تا در هر یک از "سناریوهای انتخابی"^{۳۲} ("مجموعه‌های انتخابی"^{۳۳})، برای انجام سفر مذکور از بین دو گزینه "خودرو شخصی" و "PRT" یک گزینه را انتخاب کنند (شکل ۲). با توجه به پیش‌آزمون‌های انجام شده با هدف برآورد حداکثر تعداد مجموعه‌های انتخابی مورد پذیرش یک پاسخگو، مشخص گردید که تعداد ۳ عدد مجموعه انتخابی مناسب خواهد بود. در ادامه به معرفی گزینه‌ها، صفات گزینه‌ها و سطوح صفات آن‌ها پرداخته خواهد شد.

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

<input type="radio"/> PRT	<input type="radio"/> خودروی شخصی
زمان سفر درون وسیله - دقیقه	زمان سفر درون وسیله - دقیقه
<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="40"/>
زمان دسترسی - دقیقه	زمان دسترسی - دقیقه
<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0"/>
هزینه - تومان	هزینه - تومان
<input type="text" value="12,500"/>	<input type="text" value="10000"/>
توقف	
<input type="text" value="دارد"/>	

شکل ۲. نمونه‌ای از سناریوهای انتخابی

در ادامه به بررسی سطوح صفات گزینه‌ها پرداخته می‌شود. توجه به این نکته ضروری است که سطوح صفات برای گزینه "خودروی شخصی" در تمامی مجموعه‌های انتخابی، ثابت و برابر با اطلاعاتی است که فرد پاسخ دهنده پیش‌تر درباره سفر خود اظهار کرده بود؛ اما این سطوح برای گزینه PRT، در طی جداول انتخابی متفاوت، تغییرپذیر است:

۱- زمان درون وسیله‌نقلیه

این صفت برای هر پاسخ دهنده به طور خاص، با توجه به مبدأ و مقصد سفر او و براساس شبکه PRT ترسیم شده توسط نرم افزار PRTsim (شکل ۳)، محاسبه و بسته به توقف یا عدم توقف در PRT در میانه راه و همچنین پس از ضرب شدن در یکی از سه سطح ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ به صورت خودکار نمایش داده می‌شد. پس از محاسبه مسافت سفر، با فرض سرعت ۴۵ کیلومتر بر ساعت که سرعتی معمول در سامانه‌های PRT است، زمان درون وسیله‌نقلیه برای هر یک از پاسخ دهندگان محاسبه می‌گردید.

گزینه‌ها -

همانطور که پیش‌تر نیز عنوان گردید در این پژوهش دو گزینه وجود دارد:

۱- حمل و نقل سریع شخصی (PRT)

این گزینه فرضی است و وجود خارجی ندارد. در این گزینه، مسافر، سفر و خودرو را با دیگر افراد شریک می‌شود.

۲- خودروی شخصی

این گزینه همان وسیله‌نقلیه‌ای است که فرد پاسخ دهنده پیش‌تر اذعان کرده بود که سفر خود را با آن به انجام رسانده است.

- صفات گزینه‌ها و سطوح صفات آن‌ها

براساس بررسی‌های صورت گرفته بر روی شناسایی مهمترین شاخص‌های تأثیرگذار بر میزان تمایل شهروندان به استفاده از سیستم PRT و آماربرداری‌های آزمایشی، تعداد چهار صفت جهت تعریف گزینه‌ها در نظر گرفته شد؛ این صفات عبارت بودند از: زمان درون وسیله‌نقلیه (دقیقه)، زمان دسترسی/زمان خروج (دقیقه)، هزینه (تومان) و توقف (در حین حرکت به منظور سوار/پیاده شدن مسافر).



شکل ۳. شبکه PRT ترسیم شده توسط نرم افزار PRTsim

۲- زمان دسترسی/زمان خروج

سطوح زمان دسترسی PRT طوری انتخاب گردیدند که بتوان آنها را حاصل جمع زمان دسترسی در مبدأ و زمان دسترسی در مقصد در نظر گرفت؛ این کار با هدف جلوگیری از مواجه شدن پاسخ‌دهندگان با تعدد صفات و در نتیجه سناریوهای پیچیده انجام شد؛ سطوح مذکور عبارت بودند از: ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه؛ لازم به ذکر است که در پرسشنامه، موضوع تجمعی بودن زمان دسترسی در مبدأ و مقصد به اطلاع پاسخ‌دهندگان رسید.

۳- هزینه سفر

هزینه سفر معرف هزینه مالی ای است که یک فرد بایستی بابت استفاده از یک وسیله نقلیه خاص برای انجام سفر مورد نظرش، پرداخت کند. این صفت برای گزینه PRT دارای سه سطح ۷۵۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۲۵۰۰ تومان بود. همانطور که قبلاً نیز عنوان گردید سطوح صفات برای گزینه "خودروی شخصی" در تمامی جداول، ثابت و برابر با اطلاعاتی بود که فرد پاسخ‌دهنده پیش‌تر درباره سفر خود اظهار کرده بود؛ بنابراین در صورتی که فرد پاسخ‌دهنده برآوردی را از هزینه مالی سفرش با خودروی شخصی در پرسشنامه اظهار می‌کرد، برآورد او در "مجموعه‌های انتخابی" قرار می‌گرفت؛ اما اگر شخص پاسخ‌دهنده از برآورد و عنوان هزینه سفر خود عاجز می‌ماند؛ این پژوهش از هزینه‌های موجود در شاخصی به نام "هزینه کل مالکیت" استفاده می‌کرد

تا به کمک آن برآوردی دقیق از هزینه سفر خودروی شخصی به ازای هر کیلومتر را بدست آورد و با ضرب کردن هزینه مذکور در مسافت پیموده شده توسط هر پاسخ‌دهنده با کمک نقشه، هزینه کل سفر آن شخص با خودرو شخصی بدست آید. شایان توجه است که "هزینه کل مالکیت" به معنای برآورد و محاسبه تمام هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم مرتبط با استفاده از یک دارایی در طی کل چرخه زندگی آن است [New Zealand Ministry of Business, 2013]. برای برآورد هزینه خودروی شخصی به ازای هر کیلومتر، از هزینه‌های به کار گرفته شده در برآورد شاخص "هزینه کل مالکیت" توسط Gilmore and Lave [2013] استفاده شد. این هزینه‌ها عبارت‌اند از: هزینه سرمایه‌ای برای خودرو جدید، هزینه نگهداری، هزینه تعمیر، هزینه‌های بیمه و گواهینامه، هزینه‌های معاینه فنی و مالیات و هزینه سوخت؛ با توجه به این واقعیت که جامعه آماری این پژوهش از کاربران خودروهای شخصی تشکیل شده است، از این رو چنین فرض شد که تمامی افراد جامعه آماری در زمان انجام نظرسنجی دارای خودروی شخصی و گواهینامه رانندگی بوده‌اند و بنابراین نیازی به صرف هزینه به ترتیب برای تهیه خودرو شخصی و گواهینامه رانندگی (برای بار نخست) نداشتند، در نتیجه هزینه سرمایه‌ای برای خودرو شخصی جدید و همچنین

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

از آنجایی که ماهیت کلی پژوهش حاضر یک "کار انتخاب"^{۳۲} است و از طرفی انتخاب‌ها نیز به صورت گسسته هستند و نه پیوسته از این رو می‌بایست از مدل‌های انتخاب گسسته استفاده شود. مدل‌های انتخاب گسسته، انتخاب تصمیم‌گیرنده‌ها را از بین تمام گزینه‌های موجود توصیف می‌کنند. تصمیم‌گیرنده می‌تواند فرد، خانوار، شرکت یا هر واحد تصمیم‌گیرنده‌ای باشد و گزینه‌های انتخاب می‌توانند محصولاتی باشند که با هم در رقابت هستند یا گزینه‌ها یا اقلامی که انتخاب از بین آن‌ها صورت می‌گیرد. فرض اساسی مدل‌های انتخاب گسسته آن است که تصمیم‌گیرنده زمانی که با یک انتخاب مواجه می‌شود، ترجیح فردی او نسبت به هر گزینه می‌تواند با یک معیار "مطلوبیت"^{۳۳} یا "جذابیت"^{۳۴} بیان گردد [Train, 2009]. تابع مطلوبیت گزینه j برای فرد q به صورت U_{jq} بیان می‌شود. این مطلوبیت دارای دو بخش معین و تصادفی است و در رابطه ۱ نشان داده شده است. طبق رابطه ۲ تصمیم‌گیرنده از بین گزینه‌های موجود در مجموعه انتخاب (C_q) گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که دارای بیشترین مطلوبیت نسبت به سایر گزینه‌ها باشد.

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (1)$$

$$j \in C_q \text{ if } U_{jq} > U_{mq} \quad \forall m \neq j \quad (2)$$

که در آن‌ها:

U_{jq} : مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q ؛

V_{jq} : جزء معین مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q و

ε_{jq} : جزء تصادفی مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q ؛

احتمال اینکه فرد q گزینه j را انتخاب کند از رابطه ۳ تعیین می‌شود.

$$P_{jq} = P(U_{jq} \geq U_{mq}) \quad (3)$$

$$\forall m \neq j \in C_q$$

$$P_{jq} = P(\varepsilon_{mq} - \varepsilon_{jq} \leq V_{jq} - V_{mq}) \quad (4)$$

$$\forall m \neq j \in C_q$$

هزینه اخذ گواهینامه برای نخستین بار از میان دیگر هزینه‌ها حذف گردید.

برای انجام فرآیند برآورد هزینه سفر خودروی شخصی به ازای هر کیلومتر، سه خودرو پراید (سایپا ۱۳۱)، پژو ۲۰۶ (۱/۴ لیتر و ۱/۶ لیتر) و پژو ۴۰۵ (XU7) در نظر گرفته شد؛ هر سه این خودروها نسخه پایه سری خود هستند. علت در نظرگیری این سه خودرو این است که هر سه آن‌ها جزء خودروهای پرتعداد در ایران به شمار می‌روند. هزینه‌های مذکور برای هر یک از سه خودرو و به ازای هر کیلومتر محاسبه و با انجام جمع جبری، هزینه هر یک به ازای هر کیلومتر برآورد گردید؛ سپس میانگین سه عدد به دست آمده، محاسبه و به عنوان هزینه خودروی شخصی به ازای هر کیلومتر در نظر گرفته شد. هزینه خودروی شخصی به ازای هر کیلومتر، در هر یک از بخش‌های بنزینی و گازسوز به ترتیب برابر با ۵۶۸/۹۳۲ و ۴۳۵/۱۳۷ برآورد گردید.

۴- توقف

این صفت تنها برای گزینه PRT و با دو سطح "دارد" و "ندارد" تعریف گردید. لازم به ذکر است در صورتی که سطح "دارد" در مقابل صفت "توقف" قرار می‌گرفت زمان درون وسیله نقلیه فرد پاسخ‌دهنده علاوه بر ضرب شدن در یکی از سه سطح خود که پیش‌تر عنوان گردید، در عدد ۱/۲ نیز ضرب می‌شد؛ علت این کار، طولانی‌تر شدن مدت زمان سفر به علت انحراف‌های احتمالی از مسیر مستقیم به سمت مقصد فرد پاسخ‌دهنده و در نتیجه توقف با هدف سوار یا پیاده کردن مسافر یا مسافرانی بود. بنابراین صفت "توقف" علاوه بر اینکه با کمک سطوح خود، ذاتاً می‌توانست بر تصمیم پاسخ‌دهندگان تأثیر گذارد، بر صفت "زمان درون وسیله نقلیه" نیز تأثیرگذار بود. لازم به ذکر است، موضوع احتمال طولانی‌تر شدن "زمان درون وسیله نقلیه" به علت تغییر مسیر و در نتیجه توقف و سوار و پیاده کردن دیگر مسافران، در پرسشنامه به اطلاع پاسخ‌دهندگان رسید.

۳-۳ چهارچوب نظری-مدل‌های انتخاب گسسته

که در آن:

P_{jq} : احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q و

$L_{jq}(\beta)$: احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q در مدل

لوجیت که تابعی از پارامتر β است و به صورت رابطه ۷ بیان می‌گردد.

$$L_{jq}(\beta) = \frac{e^{V_{jq}(\beta)}}{\sum_{m \neq j \in C_q} e^{V_{mq}(\beta)}} \quad (7)$$

که در آن:

$f(\beta)$: تابع چگالی از پارامتر β و

$V_{jq}(\beta)$: جزء مشاهده شده تابع مطلوبیت گزینه j توسط

فرد q است که به پارامتر β بستگی دارد.

در نهایت تابع احتمال انتخاب مدل لوجیت ترکیبی به صورت رابطه ۸ نوشته می‌شود.

$$P_{jq} = \int \left(\frac{e^{V_{jq}(\beta)}}{\sum_{m \neq j \in C_q} e^{V_{mq}(\beta)}} \right) f(\beta) d\beta \quad (8)$$

با این تعریف تابع احتمال انتخاب مدل لوجیت ترکیبی یک میانگین وزنی از تابع احتمال انتخاب مدل لوجیت چند جمله‌ای روی مقادیر مختلف β است. وزن در این مدل همان تابع چگالی است. در مطالعات محققین مختلف طیف بسیار گسترده-ای از توابع توزیع برای β در نظر گرفته شده است. رایج‌ترین این توابع توزیع را می‌توان توزیع نرمال دانست که در ادامه به طور خلاصه به بررسی این توزیع پرداخته می‌شود. شایان ذکر است که در این توزیع μ و σ به ترتیب نشان‌دهنده میانگین و انحراف معیار است. توزیع نرمال به عنوان پرکاربردترین توزیع مورد استفاده در مدل‌های لوجیت ترکیبی شناخته می‌شود. تابع چگالی در این توزیع به صورت رابطه ۹ بیان می‌شود [Spiegelman, Park, and Rilett, 2010]

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (9)$$

با توجه به استفاده از مدل‌های لوجیت چند جمله‌ای و ترکیبی در این مطالعه، در ادامه جزئیات بیشتری از این مدل‌ها و همچنین پرداخت و ارزیابی آن‌ها ارائه می‌شود.

۳-۳-۱ مدل لوجیت چند جمله‌ای

مدل لوجیت چند جمله‌ای ساده‌ترین، ابتدایی‌ترین و پرکاربرد-ترین مدل انتخاب گسسته و به صورت خاص "مدل‌های مقدار حدی تعمیم یافته"^{۳۷} است. محبوبیت این مدل از آنجا ناشی می‌شود که فرم بسته‌ای برای بیان احتمال انتخاب گزینه‌ها ارائه می‌دهد که به سادگی قابل تفسیر است [Hess, 2005].

با فرض "توزیع مستقل و یکسان"^{۳۸} گامبل در تمامی گزینه‌ها برای قسمت احتمالی تابع مطلوبیت (رابطه ۱)، رابطه مدل لوجیت چند جمله‌ای به صورت رابطه ۵ تعریف می‌شود. که در آن P_{jq} احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q است.

$$P_{jq} = \frac{e^{V_{jq}}}{\sum_{m \neq j \in C_q} e^{V_{mq}}} \quad (5)$$

۳-۳-۲ مدل لوجیت ترکیبی

مدل لوجیت ترکیبی یکی از انعطاف‌پذیرترین مدل‌های انتخاب گسسته است که به کمک آن می‌توان تقریباً هر ساختار دیگری در مدل‌های مطلوبیت تصادفی را تخمین زد. توصیف بسیار خوبی از این مدل و ویژگی‌های آن در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط مک فادن^{۳۹} و ترین^{۴۱} ارائه شده است [McFadden and Train, 2000]. این مدل امکان تغییرات در سلیقه‌های تصادفی^{۴۱}، استفاده از الگوهای جانشینی^{۴۲} و نیز همبستگی در جزء مشاهده نشده در زمان^{۴۳} را برای مدل‌ساز فراهم می‌آورد [Train, 2009]. تابع احتمال مدل لوجیت ترکیبی در حقیقت یک انتگرال از تابع احتمال انتخاب مدل لوجیت چند جمله‌ای روی یک تابع چگالی از پارامترها است. در حالت کلی این تابع احتمال، تعریفی به فرم رابطه ۶ دارد.

$$P_{jq} = \int L_{jq}(\beta) f(\beta) d\beta \quad (6)$$

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

تحلیل متغیرهای پیوسته به کار رفته در سناریوهای رجحان بیان شده و سایر متغیرهای پیوسته‌ای که در فرآیند مدل‌سازی به کار رفته است در جدول ۳. نشان داده شده است.

۳-۵ ضوابط ارزیابی مدل‌ها

ضوابط متفاوتی برای ارزیابی مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت، از جمله:

- آماره t

به منظور تعیین اهمیت هریک از متغیرهای توصیفی مدل در سطوح اطمینان ۹۹ درصد، ۹۵ درصد و ۹۰ درصد همانند سایر مدل‌های روندگرا از آماره t استفاده می‌شود. منظور از آماره t همان آزمون t است [Spiegelman, Park, and Rilett, 2010].

- نیکویی برازش

هنگامی که مدل اولیه تخمین زده می‌شود، بهترین ارزیابی، بررسی علامت ضرایب برآورد شده، مقادیر آن‌ها و بررسی سطح معنی داری هر پارامتر است. اما به منظور مقایسه مدل‌های برآورد شده در مراحل بعدی از ضریب خوبی برازش استفاده می‌شود که این ضریب نشان‌دهنده بهبود یا عدم بهبود مدل‌های بعدی است [Koppelman and Bhat, 2006].

- آزمون نسبت درست‌نمایی

به منظور اعتباریابی کل مدل در مدل‌های دوگانه و چندگانه از این آزمون استفاده می‌شود. روش کار آن به این صورت است که باید مشخص شود میزان تفاوت $LL(\beta)$ با $LL(0)$ برای مدل مورد نظر دارای معنی است یا خیر. این آزمون با استفاده از توزیع مربع خبی (χ^2) انجام می‌شود؛ بدین منظور می‌بایست رابطه ۱۰ برقرار باشد.

$$-2(LL(0) - LL(\beta)) > \chi^2_{N,1-\alpha} \quad (10)$$

که در آن α نشان‌دهنده سطح معناداری و N برابر تعداد پارامترهایی است که با اعمال محدودیت در مدل برآورد شده است. در صورت برقراری رابطه فوق مدل پذیرفته می‌شود [Sørensen, 2003].

$$x \in (-\infty, +\infty)$$

۳-۴ تحلیل آماری داده‌های پژوهش

طی فرآیند آماربرداری در تاریخ آرمرداد و شهریور سال ۱۳۹۹ خورشیدی، ۴۳۲ پرسشنامه از میان ساکنین دو شهرک مورد نظر گردآوری شد که در نهایت ۱۲۹۶ مشاهده معتبر در بانک اطلاعاتی ذخیره گردید. در این داده‌ها ۶ هدف سفر متفاوت شناسایی شد که فراوانی مطلق و نسبی هر یک از آنها در جدول ۲. نشان داده شده است.

جدول ۲. تحلیل فراوانی سفرهای نمونه آماری به تفکیک هدف

ردیف	هدف سفر	فراوانی مطلق	فراوانی نسبی (درصد)
۱	امور اداری	۶۰	۴/۶۳
۲	تحصیلی یا آموزشی	۱۵۶	۱۲/۰۳
۳	تفریح	۴۱	۳/۱۶
۴	خرید	۸۷	۶/۷۱
۵	درمانی	۹۹	۷/۶۴
۶	شغلی	۸۳۴	۶۴/۳۵
۷	سایر	۱۹	۱/۴۶
	مجموع	۱۲۹۶	۱۰۰

در خصوص مشخصات فردی و اجتماعی-اقتصادی پاسخ-دهندگان می‌توان به نکات زیر اشاره کرد:

- سطح تحصیلات پاسخ‌دهندگان در ۶ گروه، زیر دیپلم، دیپلم، فوق دیپلم، کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری به ترتیب ۵/۳۲، ۲۴/۷۷، ۱۸/۵۲، ۳۰/۵۵، ۱۷/۳۶ و ۳/۴۷ درصد بود.
- ۵۳/۷۰ درصد از پاسخ‌دهندگان مرد و ۴۶/۳۰ درصد زن بودند.
- ۴۳/۵۲ درصد از پاسخ‌دهندگان ۱ خودرو، ۴۰/۷۴ درصد ۲ خودرو، ۱۱/۱۱ درصد ۳ خودرو و ۴/۴۰ درصد ۴ خودرو و بیشتر داشتند.
- ۸۰/۵۶ درصد از افراد نمونه آماری مالک خانه و ۱۹/۴۴ درصد مستأجر بودند.

PRT بقیه متغیرها در سطح ۱ درصد معنادار شده‌اند. از آنجایی که مفاهیم هزینه و زمان برای تمام افراد جامعه اثر همگنی داشته است و نوع وسیله آنها روی چگونگی اثرگذاری این متغیرها تأثیری ندارد، این متغیرها به صورت عام^{۴۶} در نظر گرفته شده‌اند. علامت این متغیرها نیز همگی مطابق انتظار است. علامت و معناداری متغیر مجازی توقف یا عدم توقف نشان می‌دهد که ساکنین دو شهرک گلستان و بهشتی برای سفر به/از CBD شهر شیراز ترجیح می‌دهند که در صورت سفر با PRT توقف نداشته باشند و علامت منفی این متغیر به این موضوع دلالت دارد. متغیرهای زمان دسترسی/خروج و زمان درون وسیله نقلیه نشان می‌دهد که با افزایش زمان درون وسیله نقلیه یا زمان دسترسی/زمان خروج، مطلوبیت و احتمال استفاده از شیوه سفر مربوطه کاهش خواهد یافت. همچنین ضریب عام این دو متغیر نشان می‌دهد که در شرایطی که همه متغیرها به جز یکی از این دو متغیر برابر باشند، گزینه‌ای انتخاب خواهد شد که زمان دسترسی/خروج یا زمان درون وسیله نقلیه کمتری داشته باشد. هزینه نیز مطابق انتظار اثری منفی بر مطلوبیت هر دو گزینه دارد و در شرایط برابر گزینه ارزان‌تر انتخاب خواهد شد. با توجه به اینکه جنس متغیرهای به کار رفته با یکدیگر متفاوت است امکان بررسی اثرگذاری این متغیرها با هم وجود ندارد و تنها امکان انجام این کار برای زمان دسترسی/خروج و زمان درون وسیله-نقلیه وجود دارد.

• شاخص درصد برآورد صحیح

در مدل‌سازی انتخاب گسسته، در بعضی موارد به ضریب دیگری با عنوان درصد برآورد صحیح^{۴۵} اشاره می‌شود. به منظور محاسبه این شاخص، پس از پرداخت مدل، احتمال انتخاب هر گزینه برای تمامی مشاهدات محاسبه شده و گزینه‌ای که بیشترین احتمال را داشته باشد به عنوان گزینه انتخابی مدل برای مشاهده qم در نظر گرفته می‌شود. در نهایت درصد تطابق و پیش‌بینی صحیح مدل برای مشاهدات را می‌توان به عنوان درصد برآورد صحیح گزارش نمود [Hensher, Rose and Greene, 2005].

۴. ساخت مدل و تحلیل نتایج

۴-۱ نتایج پرداخت مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه

در این قسمت نتایج مدل‌های لوجیت دوتایی و لوجیت ترکیبی پرداخت شده برای بررسی اثر ویژگی‌های مختلف گزینه PRT روی شیوه سفر ساکنین دو شهرک گلستان و بهشتی برای سفر به/از CBD شیراز ارائه می‌شود. این دو مدل از جهات مختلفی مانند شاخص‌های $LL(\beta)$ ، ρ_0^2 ، ρ_{Adj}^2 و درصد برآورد صحیح مشاهدات، بررسی و مقایسه می‌شوند.

۴-۱-۱ مدل لوجیت دوتایی

نتایج پرداخت مدل لوجیت دوتایی در جدول ۴. نشان داده شده است. از جدول ۴، می‌توان فهمید که تمام متغیرها در سطح ۱۰ درصد معنادار شده‌اند و به جز متغیر توقف یا عدم توقف گزینه

جدول ۳. توصیف متغیرهای آماری به کار رفته در مدل‌سازی

ردیف	متغیر	متوسط	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
۱	زمان درون وسیله PRT	۳۸/۳۵	۱۰/۵۱	۰	۷۲
۲	زمان درون وسیله خودروی شخصی	۴۲/۰۹	۶/۵۲	۰	۶۳
۳	زمان دسترسی خودروی شخصی	۶/۱۱	۳/۴۷	۰	۱۵
۴	هزینه سفر با خودروی شخصی	۱۰۴۶۵	۱۶۰۱	۰	۱۵۰۰۰
۵	زمان دسترسی PRT	۵/۳۳	۳/۶۸	۱	۱۰
۶	هزینه سفر با PRT	۱۰۰۰۰	۲۰۴۲	۷۵۰۰	۱۲۵۰۰
۷	متغیر مجازی توقف برای PRT	۰/۵۰	۰/۵۰	۰	۱
۸	مسافت سفر	۲۰/۳۱	۲/۵۸	۱۴/۷۰	۲۷/۴۰

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

ردیف	متغیر	متوسط	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
۹	سن	۳۹/۴۱	۱۶/۰۱	۱۸	۷۸

جدول ۴. نتایج پرداخت مدل لجیت دوتایی

گزینه	متغیر	ضریب	خطای استاندارد	t-test	p-value
PRT	عدد ثابت	-۰/۴۶	۰/۱۲۴	-۳/۷	۰/۰۰۰
	توقف/عدم توقف	-۰/۲۷۹	۰/۱۵۶	-۱/۷۸	۰/۰۷۴
PRT و شخصی	زمان دسترسی/خروج	-۰/۲۴۳	۰/۰۱۹	-۱۲/۶	۰/۰۰۰
	هزینه (هزار تومان)	-۰/۹۲۸	۰/۰۰۵	-۱۶/۹	۰/۰۰۰
	زمان درون وسیله	-۰/۲۷۹	۰/۰۰۷	-۵/۰۳	۰/۰۰۰
مشخصات مدل					
	تعداد مشاهدات	۱۲۹۶			
	LL ₀	-۸۹۸/۳۲	ρ ²		۰/۳۹۶
	LL _β	-۵۴۲/۳۷	Adjusted ρ ²		۰/۳۹۱
	-2(LL ₀ - LL _β)	۷۱۱/۸۹۷	χ ₄ ²		۱۱/۱۴۳

$$V_{PRT} = -0.866 - 0.563 \times Stop + (-0.522 - 0.252 \times n) \times acc + (-2.18 + 1.29 \times n) \times cost + (-0.074 + 0.124 \times n) \times inveh \quad (11)$$

$$V_{car} = (-0.522 - 0.252 \times n) \times acc + (-2.18 + 1.29 \times n) \times cost + (-0.074 + 0.124 \times n) \times inveh$$

که در آن:

Stop: توقف/عدم توقف

acc: زمان دسترسی/خروج

cost: هزینه

inveh: زمان درون وسیله

n: توزیع نرمال

همانطور که از رابطه فوق می‌توان دید به ازای مقادیر مختلف n، مقادیر توابع مطلوبیت تغییر می‌کند و بنابراین برای افراد نمونه آماری مقادیر مختلفی برای احتمال انتخاب PRT یا خودروی شخصی بدست می‌آید. همچنین می‌توان فهمید که به ازای برخی مقادیر n حاصل عبارات داخل پرانتز برای متغیر زمان درون وسیله نقلیه می‌تواند مثبت شود که این مطلب نشانگر این است که بر خلاف انتظار، می‌توان پیش‌بینی کرد که افرادی در نمونه آماری از افزایش زمان درون وسیله نقلیه خود استقبال می‌کنند.

۴-۱-۲ مدل لجیت ترکیبی

نتایج پرداخت مدل لجیت ترکیبی در جدول ۵. نشان داده شده است. از جدول ۵. می‌توان دریافت که همه متغیرهای به کار رفته در سطح ۱۰ درصد معنادار شده‌اند؛ توجه به این نکته ضروری است که تنها متغیر ثابت یعنی توقف/عدم توقف و انحراف معیار زمان دسترسی/خروج در سطح ۵ درصد معنادار نشده است و همانند مدل دوتایی اثری منفی بر انتخاب PRT بعنوان شیوه سفر دارد. سایر متغیرها همگی به صورت متغیرهای تصادفی^{۴۷} در مدل در نظر گرفته شده‌اند. توزیع نرمال برای سه متغیر زمان دسترسی/خروج، هزینه و زمان درون وسیله نقلیه مورد استفاده قرار گرفته است. با معنادار شدن انحراف معیار این متغیرها می‌توان نتیجه گرفت که ضرایب این متغیرها از توزیعی نرمال پیروی می‌کنند. این مطلب بدین معنی است که این متغیرها روی افراد مختلف نمونه آماری اثر متفاوتی می‌گذارند که این اثر از توزیع نرمال پیروی می‌کند. به این ترتیب با در نظر گرفتن توزیع نرمال برای ضرایب متغیرهای زمان دسترسی/خروج، هزینه و زمان درون وسیله نقلیه قسمت سیستماتیک مطلوبیت گزینه‌های PRT و خودروی شخصی به شکل رابطه ۱۱ در خواهد آمد.

جدول ۵. نتایج پرداخت مدل لوجیت ترکیبی

گزینه	متغیر	ضریب	خطای استاندارد	t-test	p-value
متغیرهای ثابت					
PRT	عدد ثابت	-۰/۸۶۶	۰/۳۰۸	-۲/۸۱	۰/۰۰۵
	توقف/عدم توقف	-۰/۵۶۳	۰/۳۰۲	-۱/۸۷	۰/۰۶۲
متغیرهای					
PRT و شخصی	زمان دسترسی/خروج (متوسط)	-۰/۵۲۲	۰/۱۴۴	-۳/۶۱	۰/۰۰۰
	زمان دسترسی/خروج (انحراف معیار)	-۰/۲۵۲	۰/۱۴۱	-۱/۷۹	۰/۰۷۴
	هزینه (هزار تومان) (متوسط)	-۲/۱۸	۰/۵۹۵	-۳/۶۶	۰/۰۰۰
	هزینه (هزار تومان) (انحراف معیار)	۱/۲۹	۰/۴۵۹	۲/۸۲	۰/۰۰۴
	زمان درون وسیله نقلیه (متوسط)	-۰/۰۷۴	۰/۰۲۳	-۳/۲۲	۰/۰۰۱
	زمان درون وسیله نقلیه (انحراف معیار)	۰/۱۲۴	۰/۰۵۷	۲/۱۶	۰/۰۳۱
	تعداد مشاهدات	۱۲۹۶			
	LL ₀	-۹۰۱/۱۷	ρ^2		۰/۴۱۶
	LL _{β}	-۵۲۶/۵۰	Adjusted ρ^2		۰/۴۰۷
	-2(LL ₀ - LL _{β})	۷۴۹/۳۵۲	χ^2_4		۱۷/۵۳۵

شاخص‌ها	میانگین
هزینه "خودرو شخصی"	-۵,۳۰۴۷۸۱۴
زمان درون وسیله نقلیه "PRT"	-۰,۶۸۱۸۹۲۶۵۵
زمان دسترسی/خروج "PRT"	-۰,۷۰۱۶۸۶۱۵۱
هزینه "PRT"	-۴,۸۳۰۴۱۷۷

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

تراکم ترافیک، بسیاری از شهرهای جهان از جمله کلانشهرهای ایران را با چالش‌های بزرگی روبه‌رو کرده است و این معضل از افزایش استفاده از وسایل نقلیه موتوری و در رأس آنها خودرو شخصی نشأت می‌گیرد. در این میان، پژوهش‌های گوناگون، رفت و آمدهای روزانه از مناطق حومه‌ای به مناطق مرکزی شهرها را که اغلب نیز به علت راحتی بیشتر و در دسترس بودن بیشتر خودرو شخصی توسط این وسیله نقلیه صورت می‌گیرد، عامل بخش بزرگی از تراکم ترافیک موجود می‌دانند. از آنجایی که بسیاری از پژوهش‌ها، سامانه حمل و نقل سریع شخصی (PRT) را از دید راحتی، دسترسی و قابلیت اطمینان، درخور مقایسه با خودرو شخصی می‌دانند و اظهار می‌دارند که تمایل و خواست

۴-۱-۳ احتمال نقل مکان و الاستیسته (کشسانی)

نتایج این پژوهش نشان داد که در صورت پیاده‌سازی سامانه PRT، محتمل است که ۵۳ درصد از کاربران فعلی خودرو شخصی به این سامانه حمل و نقلی، نقل مکان کنند و اما ۴۷ درصد از این کاربران همچنان از خودرو شخصی خود جهت آمد و شد استفاده نمایند. افزون بر این، پارامتر الاستیسته حاصل از مدل لوجیت دوتایی، شاخص "هزینه" را به عنوان تأثیرگذارترین شاخص بر انتخاب گزینه‌ها از سوی پاسخ‌دهندگان نشان می‌دهد؛ لازم به ذکر است که پس از هزینه به ترتیب شاخص‌های "زمان دسترسی/خروج" و "زمان درون وسیله نقلیه" به عنوان مهمترین شاخص‌های تأثیرگذار بر گزینش گزینه‌ها از سوی پاسخ‌دهندگان به شمار می‌روند (جدول ۶).

جدول ۶. نتایج برآورد پارامتر الاستیسته برای شاخص‌های خودرو شخصی و PRT با استفاده از مدل لوجیت دوتایی

شاخص‌ها	میانگین
زمان درون وسیله نقلیه "خودرو شخصی"	-۰,۸۲۳۶۰۴۱۳۷
زمان دسترسی/خروج "خودرو شخصی"	-۰,۸۶۳۶۹۸۲۹۳

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

"خودرو شخصی" و "PRT" دارد و در شرایط برابر، گزینه ارزان‌تر انتخاب می‌شود.

• در مدل لوجیت ترکیبی، متغیر "توقف/عدم توقف" همانند مدل دوتایی اثری منفی بر انتخاب PRT به عنوان شیوه سفر داشت و ساکنین دو شهرک گلستان و بهشتی برای سفر با PRT به از CBD شهر شیراز ترجیح می‌دادند که توقف نداشته باشند.

• در مدل لوجیت ترکیبی، سه متغیر "زمان دسترسی/خروج"، "هزینه" و "زمان درون وسیله نقلیه" روی افراد مختلف نمونه آماری اثری متفاوت می‌گذاشت که این اثر از توزیع نرمال پیروی می‌کرد؛ بنابراین برای افراد نمونه آماری مقادیر مختلفی برای احتمال انتخاب PRT یا خودروی شخصی بدست می‌آمد.

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که در صورت پیاده‌سازی سامانه PRT، محتمل است که ۵۳ درصد از کاربران فعلی خودرو شخصی به این سامانه حمل و نقلی، نقل مکان کنند؛ افزون بر این، پارامتر الاستیسته حاصل از مدل لوجیت دوتایی، شاخص‌های "هزینه"، "زمان دسترسی/خروج" و "زمان درون وسیله نقلیه" را به ترتیب به عنوان تأثیرگذارترین شاخص‌ها بر انتخاب گزینه‌ها از سوی پاسخ‌دهندگان نشان می‌دهد. این درحالی است که رقم مذکور در پژوهش‌های انجام شده در کشورهای دیگر متفاوت است؛ برای نمونه Jain et al. [2016] که پژوهشی را در شهر "دارکا" کشور هند به انجام رساندند، برآورد کردند که در صورت معرفی سامانه PRT در شهر مذکور، ۳۸/۸ درصد از سفرهای انجام شده توسط خودرو شخصی به این سامانه، نقل مکان خواهند کرد؛ توجه به این نکته ضروری است که شبکه PRT طراحی شده برای این شهر هندی تمامی ایستگاه‌های اصلی مترو، مناطق مسکونی، مناطق تجاری و مناطق سازمانی را به یکدیگر متصل می‌ساخت؛ همچنین پژوهشگر مذکور و همکارانش، مشابه با این پژوهش، شاخص "هزینه" را به عنوان تأثیرگذارترین شاخص بر انتخاب گزینه‌ها

بالایی جهت استفاده از این سامانه در میان کاربران خودرو شخصی و به ویژه برای انجام سفرهای حومه‌ای وجود دارد، از این رو، این پژوهش با درنظرگیری جمعیت آماری کاربران خودرو شخصی دو شهرک واقع شده در منطقه شمال غربی شیراز به نام‌های گلستان و بهشتی، هدف اصلی خود را بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به تغییر مُد و استفاده از سیستم PRT تعریف نمود. برای نیل به هدف مذکور، این پژوهش با شناسایی و درنظرگیری شاخص‌های زمان درون وسیله نقلیه (دقیقه)، زمان دسترسی/زمان خروج (دقیقه)، هزینه (تومان) و توقف (در حین حرکت به منظور سوار/پیاده شدن مسافر) از شیوه آماربرداری "رجحان بیان شده" استفاده نمود. طی فرآیند آماربرداری ۴۳۲ پرسشنامه از میان ساکنین دو شهرک مورد نظر گردآوری شد که در نهایت ۱۲۹۶ مشاهده معتبر در بانک اطلاعاتی ذخیره گردید. برای انجام فرآیند مدل‌سازی از مدل‌های انتخاب گسسته شامل مدل‌های لوجیت چند جمله‌ای و ترکیبی استفاده شد.

مهمترین نتایج کاربردی این پژوهش عبارتند از:

- در مدل لوجیت دوتایی مشخص گردید که ساکنین دو شهرک گلستان و بهشتی برای سفر با PRT به از CBD شهر شیراز ترجیح می‌دهند که توقف نداشته باشند.
- در مدل لوجیت دوتایی مشخص گردید که با افزایش "زمان درون وسیله نقلیه" یا "زمان دسترسی / زمان خروج"، مطلوبیت و احتمال استفاده از شیوه سفر مربوطه کاهش خواهد یافت.
- ضرایب عام متغیرهای "زمان دسترسی" و "زمان درون وسیله نقلیه" در مدل لوجیت دوتایی نشان دادند که در شرایطی که همه متغیرها به جز یکی از این دو متغیر برابر باشند، گزینه‌ای انتخاب خواهد شد که "زمان دسترسی" یا "زمان درون وسیله نقلیه" کمتری داشته باشد.
- در مدل لوجیت دوتایی مشخص گردید که شاخص "هزینه" مطابق با انتظار، اثری منفی بر مطلوبیت هر دو گزینه

این مُد و شاخص‌های "زمان درون وسیله‌نقلیه"، "هزینه" و "زمان دسترسی/خروج"، مورد تأیید قرار گرفت.

۵-۱ محدودیت‌ها

یکی از محدودیت‌های اصلی این پژوهش که البته تقریباً در تمامی پژوهش‌هایی که از شیوه رجحان بیان شده استفاده می‌کنند دیده می‌شود، وجود "جانبداری فرضی" در داده‌های پژوهش انجام شده است؛ منظور از "جانبداری فرضی" این است که تصمیماتی که در آزمون انتخاب بیان شده یا به طور کلی شیوه آماربرداری رجحان بیان شده عنوان می‌گردند نمایانگر رفتارهایی نیستند که در بازار واقعی اتفاق می‌افتند [Samuelson, 1955; Mitchell and Carson, 1989] و این جانبداری به علت ماهیت فرضی آزمون رجحان بیان شده ایجاد می‌شود؛ چرا که در این شرایط، پاسخ‌دهندگان موظف به عمل به انتخاب-ها و رفتارهایی که بیان می‌کنند نیستند یا قادر به پیش‌بینی کامل رفتار خود در بازار واقعی از طریق یک محیط فرضی مانند نظرسنجی انتخاب بیان شده نخواهند بود [Beck, Fifer and Rose, 2016]. به بیانی دیگر، از آنجایی که ماهیت آزمون انتخاب بیان شده، فرضی است، گزینه یا گزینه‌هایی جهت انتخاب به پاسخ‌دهندگان نمایش داده می‌شود که در زمان انجام پژوهش وجود خارجی ندارد و محتمل است که همین موضوع سبب شود تا در زمانی که آن گزینه یا گزینه‌های فرضی به صورت واقعی و فیزیکی در دسترس قرار می‌گیرد، نتایج حاصل از پژوهشی که در گذشته انجام شده است ارزش محدودی داشته باشد؛ از این رو، هر زمان که سامانه PRT در شرف معرفی قرار گرفت می‌توان با پیاده‌سازی مسیرهایی آزمایشی با هدف ایجاد تجربه‌ای واقعی برای پاسخ‌دهندگان، پژوهش‌هایی تکمیلی را با هدف جبران تأثیر "جانبداری فرضی" و همچنین دستیابی به نتایج دقیق‌تر، واقع‌گرایانه‌تر و البته به روزتر به انجام رساند.

شاید بتوان یکی دیگر از محدودیت‌های این پژوهش را نمونه آماری آن معرفی کرد؛ چرا که این احتمال وجود دارد که در نظرگیری تمامی ساکنین سایر شهرک‌های واقع شده در مناطق

از سوی پاسخ‌دهندگان معرفی کردند. در پژوهشی دیگر که در شهر "آلملو" کشور هلند و با هدف اتصال ایستگاه راه آهن اصلی این شهر، مرکز شهر و بیمارستان واقع شده در جنوب شهر به یکدیگر به انجام رسید، ۷۵ درصد از پاسخ‌دهندگان اذعان کردند که در صورت احداث سامانه PRT از این سامانه استفاده خواهند کرد و تنها ۲۵ درصد از پاسخ‌دهندگان، مدهای حمل و نقلی دیگر را برای انجام سفرهای خود در نظر می‌گیرند [M. Minderhoud and van Zuylen, 2005]. در این میان، برخی پژوهش‌های دیگر نظیر پژوهش انجام شده توسط Maskey, Strager and Bernasconi (2013) که یک شبکه مسیر PRT متصل کننده چند سایت دانشگاهی و برخی مناطق شهری به یکدیگر را مورد بررسی قرار داده بود، اعلام می‌کند که تنها ۷ درصد از پاسخ‌دهندگان به نظرسنجی، PRT را به عنوان مد اصلی خود انتخاب کردند. از طرف دیگر، Li et al. [2010b] اذعان می‌دارند که پیاده‌سازی سامانه PRT در شهر روتردام در کشور سوئد نه تنها سبب جذب کاربران دیگر مدهای حمل و نقلی می‌شود بلکه به صورت غیر مستقیم سبب ارتقا بهره‌وری حمل و نقل عمومی موجود نیز می‌گردد؛ برای مثال در صورت وجود سامانه PRT تقاضا برای خودرو شخصی و دوچرخه به ترتیب ۱۵۹۰۶ و ۱۱۰۵۷ کاهش و برای حمل و نقل عمومی به میزان ۲۶۹۶۳ افزایش خواهد یافت؛ این درحالی است که از ۲۳۱۱۶ تقاضای کلی برای استفاده از سامانه PRT، ۱۶۳۴ از آنها سامانه مذکور را به همراه حمل و نقل عمومی و به صورت ترکیبی استفاده می‌کنند. همچنین در پژوهشی دیگر عنوان می‌شود که سامانه PRT قادر است ۱۷ درصد و ۳۷ درصد را به ترتیب از سفرهای انجام شده توسط خودرو شخصی به عنوان راننده و سفرهای انجام شده توسط خودرو شخصی به عنوان مسافر جذب نماید [Bly and Teychenne, 2005]. شایان به توجه است که با نگاه به نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان دریافت که هر سه فرضیه این پژوهش، مبنی بر وجود رابطه غیرمستقیم میان تمایل کاربران بالقوه PRT به استفاده از

بررسی میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سیستم حمل و نقل سریع شخصی (PRT): مطالعه موردی شهرک‌های

شمال غربی شیراز، ایران

مناسب، بر میزان تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سامانه PRT تأثیرگذار باشد؛ بنابراین برای روشن شدن هرچه بیشتر ابعاد این مسأله می‌توان موضوع پارکینگ و اثرگذاری آن بر تمایل کاربران بالقوه، نسبت به استفاده از سامانه PRT را به طور ویژه و مشخص، طی پژوهشی در آینده، مورد تحقیق و بررسی قرار داد.

۶. پی‌نوشت‌ها

1. Global south
2. Transport and Traffic Research Center (TTRC)
3. Convenience
4. Central Business District
5. Commute trips
6. Mode Penalty
7. Personal Rapid Transit (PRT)
8. Evaluation and Demonstration of Innovative City Transport (EDICT)
9. On-demand
10. Stated Preference
11. Revealed Preference
12. Hypothetical bias
13. Ultra
14. Almelo
15. Micro-simulation
16. Waal/ Eemshaven
17. Tram
18. BICY
19. Citywide
20. Willingness to pay
21. Willingness to shift
22. Utility functions
23. Last mile
24. First mile
25. Millennials
26. OPTIMOTUS
27. Docklands Light Rail (DLR)
28. Feeder
29. Total Cost of Ownership (TCO)
30. HyperText Markup Language (HTML)
31. Stated Choice Experiment
32. Choice scenarios

شمال غربی شیراز جهت آماربرداری، دید دقیق‌تر و گسترده‌تری را نسبت به ترجیحات این جمعیت به عنوان یک کل بدست دهد.

۲-۵ پیشنهادت

در جهت دستیابی به دیدی جامع و کلان نسبت به ترجیحات ساکنین تمامی شهرک‌های واقع شده در مناطق شمال غربی شیراز، این پژوهش پیشنهاد می‌کند که تحقیقاتی مشابه این مطالعه در سایر شهرک‌ها نیز به انجام رسد؛ لازم به ذکر است که در صورت استفاده از شیوه "رجحان بیان شده" در این تحقیقات و البته در صورت امکان در نظرگیری تمهیداتی جهت رقابت‌پذیر کردن گزینه‌ها، می‌توان به جای استفاده از کاربران خودرو شخصی به عنوان جامعه آماری از کاربران سایر مدهای حمل و نقلی نیز استفاده نمود. همچنین، مشابه این پژوهش نیز می‌تواند با در نظرگیری کاربران سایر مدهای حمل و نقلی به جای کاربران خودرو شخصی به عنوان جامعه آماری و البته همانطور که پیش‌تر نیز عنوان گردید در صورت امکان در نظرگیری تمهیداتی جهت رقابت‌پذیر کردن گزینه‌ها، مجدداً در دو شهرک گلستان و بهشتی به انجام رسد.

افزون بر این، اگرچه نیاز به انجام پژوهش‌های نگرشی درباره سامانه‌هایی که در سایر نقاط دنیا به صورت موفقیت آمیز به مرحله اجرا و بهره برداری رسیده‌اند کمتر احساس می‌شود، چرا که مردمی که حتی قادر به تجربه فیزیکی آنها نیستند می‌توانند با کمک تصاویر، کلیپ‌های ویدئویی و اینترنت با این دست سیستم‌ها آشنایی یابند، اما انجام و بهره‌گیری از یافته‌های اینگونه پژوهش‌ها نیز می‌تواند مفید واقع شود و تفاوت‌های نگرشی مناطق مختلف را آشکار سازد؛ پژوهش‌های نگرشی مذکور می‌توانند مباحثی از قبیل مسائل ایمنی، امنیتی، موانع دیداری و مسائلی از این دست را پوشش دهند.

همچنین، توجه به این نکته ضروری است که موضوع یافتن فضای پارک در مرکز شهر، دشوار، زمان‌بر و هزینه‌بر است؛ از این رو محتمل است که عوامل مذکور جهت یافتن فضای پارک

work locations affect car ownership? An application of cross-classified multilevel model”, *Journal of Transport Geography*, Vol. 75, pp. 37-45.

– Díez-Jiménez, E., Fernández-Muñoz, M., Oliva-Domínguez, R., Fernández-Llorca, D. and Ángel Sotelo, M. (2021). “Personal Rapid Transport System Compatible With Current Railways and Metros Infrastructure”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 22, No. 5, pp. 2891-2901.

– Etmnani-Ghasrodashti, R., Paydar, M. and Hamidi, S. (2018). “University-related travel behavior: Young adults’ decision-making in Iran”, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 43, pp. 495-508.

– European Commission. (2004). *Evaluation and Demonstration of Innovative City Transport (EDICT) [Final Report]*. DG Research of the European Commission (Project Reference No: EVK4-2001-00058).

– Friedman, B., Gordon, S. P. and Peers, J. B. (1994). “Effect of Neotraditional Neighborhood Design on Travel Characteristics”, *Transportation Research Record*, No. 1466, pp. 63-70.

– Gilmore, E. A. and Lave, L. B. (2013). “Comparing resale prices and total cost of ownership for gasoline, hybrid and diesel passenger cars and trucks”, *Transport Policy*, Vol. 27, pp. 200–208.

– Hensher, D. A., Rose, J. M. and Greene, W. H. (2005). “Applied choice analysis: a primer”, Cambridge: Cambridge University Press.

– Hess, S. (2005). “Advanced discrete choice models with applications to transport

33. Choice Sets

34. Choice Task

35. Utility

36. Attractiveness

37. Generalized Extreme Value (GEV) Models

38. Independently and Identically Distributed

39. Mc Fadden

40. Train

41. Random Taste Variation

42. Unrestricted Substitution Patterns

43. Correlation in Unobserved Factor over time

44. T-Statistic

45. Percent Correct

46. Generic

47. Random Parameters

۷. مراجع

– Beck, M.J., Fifer, S. and Rose, J.M. (2016). “Can you ever be certain? Reducing hypothetical bias in stated choice experiments via respondent reported choice certainty”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 89, pp. 149-167.

– Bly, P. H. and Teychenne, P. (2005). “Three Financial and Socio-Economic Assessments of a Personal Rapid Transit System”, 10th International Conference on Automated People Movers, Orlando, Florida, United States: 1-4 May 2005.

– Cao, X., Næss, P. and Wolday, F. (2019). “Examining the effects of the built environment on auto ownership in two Norwegian urban regions”, *Transportation Research Part D*, Vol 67, pp. 464-474.

– Deka, D. and Carnegie, J. (2021). “Predicting transit mode choice of New Jersey workers commuting to New York City from a stated preference survey”, *Journal of Transport Geography*, Vol. 91, Article 102965.

– Ding, C. and Cao, X. (2019). “How does the built environment at residential and

- Choice in a Short-Distance Trip with Personal Rapid Transit”, *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 2020, pp. 1-13.
- Koppelman, F. S. and Bhat, C. (2006). “A self-instructing course in mode choice modeling: multinomial and nested logit models”, Washington, DC: Federal Transit Administration.
 - Li, H., Chen, Y., Li, J., Zuylen, H. J. van and Arem, B. van. (2010b). “Demand modeling of innovative transport system PRT at the Rotterdam port area”, 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Madeira Island, Portugal: 19-22 September 2010.
 - Li, J., Chen, Y., Li, H., Andréasson, I. and van Zuylen, H. (2010a). “Optimizing the fleet size of a Personal Rapid Transit system: A case study in port of Rotterdam”, 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Madeira Island, Portugal: 19-22 September 2010.
 - Litman, T. (2019). Congestion Costing Critique Critical Evaluation of the “Urban Mobility Report” (p. 28). Victoria Transport Policy Institute. https://www.vtpi.org/UMR_critique.pdf
 - Kenku, M., Földes, D. and Csiszár, C. (2021). “Concept of Advanced Personal Rapid Transit at Airports”, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 65, No. 1, pp. 320-334.
 - Manike, S., Waidyasekara, V. and Nilukshika, M. A. (2019). “Assessing the Determinants that Affect the Choice of Personal Rapid Transit (PRT) in Colombo City”, 12th International Research Conference, Ratmalana, Sri Lanka: 11-12 September 2019.
 - demand”, Ph.D. Thesis, Supervisor: Polak,, J, London: Centre for Transport Studies, Imperial College London.
 - Ilahi, A., Belgiawan, P.F., Balac, M. and Axhausen, K.W. (2021). “Understanding travel and mode choice with emerging modes; a pooled SP and RP model in Greater Jakarta, Indonesia”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 150, pp. 398-422.
 - INRIX. (2019). INRIX Global Traffic Scorecard (p. 22). INRIX Research. <https://inrix.com/scorecard/>
 - Jain, U., Sarkar, P., Vibhuti, A. and Arora, D. (2016). “Demand estimation of Personal Rapid Transit (PRT) using stated preference technique and binary logit models”, *Journal of Transport Literature*, Vol. 10, No. 2, pp. 5-9.
 - Jin, F., An, K. and Yao, E. (2020). “Mode choice analysis in urban transport with shared battery electric vehicles: A stated-preference case study in Beijing, China”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 133, pp. 95-108.
 - Jurkowski, W. (2017). “Ocena integracji zabudowy mieszkaniowej z infrastrukturą ko lejową w obszarach wiejskich w strefie podmiejskiej Wrocławia” *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, Vol. 20, No. 2, pp. 31-42.
 - Kalyanpad, N.G., Hanni, C.K. and Rao, K.V.K. (2020). “Mode Choice Analysis using Web-based Revealed Preference Questionnaire, Stated Preference Experiment and Google Maps API”, *Transportation Research Procedia*, Vol. 48, pp. 3390-3400.
 - Kim, H., Seok, H., Iris You, S. and Lee, C. (2020). “An Empirical Analysis for Mode

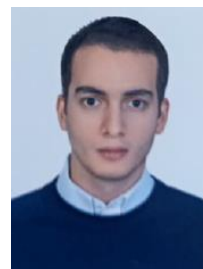
Analysis Tools Measures of Effectiveness (FHWA-HOP-08-054; p. 128).

- Samuelson, Paul A. (1955). “Diagrammatic Exposition of a Theory of Public Expenditure.” *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 37, No. 4, pp. 350–356.
- Schweizer, J. and Meggs, J. (2013). “PRT Mode Share Estimations Using a Direct Demand Stated Preference Method”, 3th International Conference on Urban Public Transportation Systems, Paris, France: 17-20 November 2013.
- Soltani, A. (2017). “Social and urban form determinants of vehicle ownership; evidence from a developing country”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 96, pp. 90-100.
- Soltani, A., Pojani, D., Askari, S. and E. Masoumi, H. (2018). “Socio-demographic and built environment determinants of car use among older adults in Iran”, *Journal of Transport Geography*, Vol. 68, pp. 109-117.
- Sovacool, B.K. and H.Yazdi, A. (2019). “Technological frames and the politics of automated electric Light Rail Rapid Transit in Poland and the United Kingdom”, *Technology in Society*, Vol. 59, Article 101190.
- Sørensen, M. V. (2003). “Discrete Choice Models - Estimation of Passenger Traffic”, PhD thesis, Supervisor: Nielsen, O. A, Kgs. Lyngby: Centre for Traffic and Transport, Technical University of Denmark.
- Spiegelman, C., Park, E. S. and Rilett, L. R. (2010). “Transportation statistics and microsimulation (1st ed.)”, New York: Chapman and Hall/CRC.
- Maskey, V., Strager, M. and Bernasconi, C. (2013). “Managing a Sustainable Transportation System: Exploring a Community’s Attitude, Perception, and Behavior of the Morgantown Public Rapid Transit (PRT)”, *Journal of Management and Sustainability*, Vol. 3, No. 2, pp. 56–67.
- McFadden, D. and Train, K. (2000). “Mixed MNL models for discrete response”, *Journal of applied Econometrics*, Vol. 15, No. 5, pp. 447-470.
- Mitchell, R.C. and Carson, R.T. (1989). “Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method (1st ed.)”, New York, RFF Press.
- M. Minderhoud, M. and van Zuylen, H. (2005). “Willingness-to-Pay for Personal Rapid Transit in the City of Almelo”, 10th International Conference on Automated People Movers, Orlando FL, United States: 1-4 May 2005.
- Nadrian, H., Mahmoodi, H., Taghdisi, M. H., Aghemiri, M., Babazadeh, T., Ansari, B. and Fathipour, A. (2020). “Public health impacts of urban traffic jam in sanandaj, Iran: A case study with mixed-method design”, *Journal of Transport & Health*, Vol. 19, Article 100923.
- New Zealand Ministry of Business. (2013). Total Cost of Ownership: An introduction to whole-of-life costing. Government Procurement Branch | Ministry of Business, Innovation & Employment. procurement.govt.nz/assets/procurement-property/documents/guide-total-cost-ownership.pdf
- Richard Dowling. (2007). *Traffic Analysis Toolbox Volume VI: Definition, Interpretation, and Calculation of Traffic*

- Wolny, A. (2019). "Are suburban commuters confined to private transport? A case study of a medium-sized functional urban area (FUA) in Poland", *Cities*, Vol. 92, pp. 82-96.
- Wolny, A. and Żróbek, R. (2017). "The interdependence between suburban enclaves and the road network in the development process: A case study in Poland", *Geographia Polonia*, Vol. 90, No. 2, pp. 41-57.
- Zhao, P. and Bai, Y. (2019). "The gap between and determinants of growth in car ownership in urban and rural areas of China: A longitudinal data case study", *Journal of Transport Geography*, Vol. 79, Article 102487.
- Tegnér, G. (1999). "Personal Rapid Transit in Stockholm – Market demand and Economic Appraisal", 2th Urban Transport Conference, Lund, Sweden: June 1999.
- Thombre, A. and Agarwal, A. (2021). "A paradigm shift in urban mobility: Policy insights from travel before and after COVID-19 to seize the opportunity", *Transport Policy*, Vol. 110, pp. 335-353.
- Train, K. (2009). "Discrete choice methods with simulation (2nd ed.)", Cambridge: Cambridge University Press.
- UNESCAP and CITYNET. (2012). *Sustainable Urban Transportation Systems: An Overview* (p. 49). United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) & CITYNET.
- United Nations. (2013). *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific: Combatting Congestion* (No. 82; p. 80). Economic and Social Commission for Asia and The Pacific (ESCAP).
- United Nations. (2019). *Urban Mobility and Sustainable Urban Transport Index: Tehran Sustainable Transport Indicators (SUTI)*. Economic and Social Commission for Asia and The Pacific (ESCAP).
- Weis, C., Kowald, M., Danalet, A., Schmid, B., Vrtic, M., Axhausen, K.W. and Mathys, N. (2021). "Surveying and analysing mode and route choices in Switzerland 2010–2015", *Travel Behaviour and Society*, Vol. 22, pp. 10-21.
- Wiersma, J.K. (2020). "Commuting patterns and car dependency in urban regions", *Journal of Transport Geography*, Vol. 84, Article 102700.

اردشیر کهن دل شیرازی، حمیدرضا مختاریان

اردشیر کهن دل شیرازی، درجه کارشناسی مهندسی عمران را در سال ۱۳۹۴ خورشیدی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرقان اخذ نمود. در حال حاضر دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برنامه‌ریزی حمل و نقل در دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان حمل و نقل شخصی، ایمنی عابران پیاده، خودروهای خودران و سیستم حمل و نقل هوشمند است.



حمیدرضا مختاریان، درجه کارشناسی از مهندسی عمران را در سال ۱۳۷۹ از دانشگاه آزاد اسلامی و درجه کارشناسی ارشد را در رشته مهندسی حمل و نقل در سال ۱۳۸۶ از دانشگاه ملی مالزی اخذ نمود. در سال ۱۳۹۳ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی حمل و نقل از دانشگاه ملی مالزی گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان حمل و نقل عمومی، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، شبیه‌سازی سیستم‌های حمل و نقل، بهینه‌سازی شبکه‌های حمل و نقل و مسیر یابی بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار و مدیر گروه کارشناسی ارشد رشته‌های مهندسی حمل و نقل و مهندسی عمران-مدیریت ساخت در دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان است.

