# تحلیل تقاضای سفر شهری به روش فعالیت–مبنا: نمونه موردی منطقه سه شهرداری تهران

امیرعباس رصافی (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
لیـلا لطیـفی، کارشناس ارشد حمل‌ونقل، شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ایران
E-mail: rasafi@ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۷/۲۳

## چکیده

گرچه فرآیند ٤ مرحله‌ای برای برآورد تقاضای سفر شهری هنوز در بسیاری پژوهشها مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما مشاهده کاستیهای آن به ویژه در تحلیل راهبردها و نتایج نادقیق در پیش‌بینی تقاضا، از حدود ۵ دهه قبل رفته رفته باعث توسعه یافتن روشهای ناهمفزون شد که پایه رفتاری دارند. در ادامه، روشهای فعالیت–مبنا، که در آن فعالیت عامل ایجاد سفر درنظر گرفته می‌شود، پس از آزمودن روشهای دیگر از جمله مدل‌سازی زنجیره سفر، در اکثر شهرهای بزرگ دنیا ساخته شده و به اجرا در آمدند. امروزه با توجه به آن که بسیاری از شهرهای بزرگ کشور با مشکلاتی در زمینه مدیریت تقاضای ترافیک مواجه هستند، ضرورت روشی مطمئن‌تر برای پیش‌بینی تاثیرات سیاستگذاری‌ها بیش از پیش حس می‌شود. مقاله حاضر تلاش دارد با استفاده از روش فعالیت- مبنا رفتار سفر را بررسی و تحلیل کند. به این منظور با استفاده از اطلاعات پرسشگری ساکنین شهر تهران، یک ساختار فعالیت- مبنا از پایگاه داده‌های سفر-مبنا تهیه شده و با انجام تحلیلهای آماری مختلف، عوامل تاثیرگذار در توابع مطلوبیت الگوی فعالیت روزانه، زمان و طریقه زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه شناسایی شدند. سه ساختار تصمیم‌گیری مستقل، آشیانه‌ای و همزمان با مدلهای لوجیت، ایجاد و تحلیل شد. نتایج این مطالعه به طور جزیی میزان و نحوه تاثیر متغیرهای مستقل انتخاب شده پس از آزمونهای مختلف را نشان می‌دهد. ازجمله می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به تحلیلهای صورت گرفته، ساختار مستقل برای نمونه مورد بررسی مناسب‌تر است، ضمن آن که متغیرهای سن، تعداد افراد خانواده، جنسیت، و وجود فرزندان ۵ تا ۱۵ ساله در انتخاب الگوی زنجیره سفر تاثیر قابل توجه دارند و نیز الگوی زنجیره سفر بر انتخاب طریقه موثر است.

**واژه‌های کلیدی:** مدل‌سازی فعالیت–مبنا، الگوی فعالیت روزانه، لوجیت آشیانه‌ای، مدلهای همزمان

Archive of SID


www.SID.ir

۱. مقدمه

مدل‌سازی سنتی تقاضای حمل‌ونقل بر اساس سفرهای مجزا، چنان که که در بسیاری پژوهشها مطرح شده، چالشهای فراوانی را ایجاد کرده و باعث تغییر و تحول در این گونه مدلها شده است [Arentze, 2011, Bhat and Koppelman, 2003, Clarke, 2008, Guo and Bhat, 2001, Kim, 2008, Mazzulla, 2009, Ortuzar, 2011]. برای ایجاد یک سیستم حمل‌ونقل کامل و مناسب، طراحان و مهندسان باید بتوانند تقاضای حمل‌ونقل را با تغییر در خصوصیات سیستم و نحوه استفاده مردم از آن پیش‌بینی کنند. مدلهای تقاضای سفر برای رسیدن به این هدف، به‌ویژه پیش‌بینی مشخصات سفر و کاربرد تسهیلات حمل‌ونقل تحت سناریوهای مختلف اقتصادی- اجتماعی، سیستمهای حمل‌ونقل پیشنهادی و تغییرات کاربری زمین استفاده می‌شوند [Guo and Bhat, 2001]. هر چه پیچیدگی مسایل حمل‌ونقل و محیط زیست بیشتر می‌شود، تصمیم‌سازان بیشتر به مدلها وابسته می‌شوند [Araghi, 2008]. برای پیش‌بینی واقع‌بینانه در مدل‌سازی تقاضای سفر، استفاده از ویژگیهای رفتاری مورد نیاز است. این نیاز امروزه جدی‌تر نیز شده است، زیرا راهبردهای بلندمدت جای خود را به سیاستهای کوتاه‌مدت مانند برنامه زمانی کاری، ارتباط از راه دور، قیمت‌گذاری و .... داده است [Guo and Bhat, 2001, Bhat and Koppelman, 2003].

مدلهای سنتی چهار مرحله‌ای به طور کلی از نوع سفر- مبنای همفزون است. در این رویکرد زمان‌بندی سفرها مدل نمی‌شود یا به‌صورت محدود مدل می‌شود. غالباً مدلهای جداگانه‌ای برای سفرهای خانه- مبنا و سفرهای غیرخانه- مبنا، توسعه یافته است که وابستگی بین سفرها را در نظر نمی‌گیرد [Guo and Bhat, ۲۰۰۱]. اطلاعات در این مدلها از نوع همفزون و در سطح ناحیه‌ای بوده و جریان سفر بین ناحیه‌ای را پیش‌بینی می‌کنند و آن را عموماً بین دو طریقه غالب شخصی و همگانی تفکیک می‌نمایند. این مدلها پاسخگویی مناسبی به هدف اولیه داشتند، اما نتایج پیش‌بینی های مدلهای چهارمرحله‌ای درباره پاسخ افراد به سیاستهای گوناگون، ضعیف بود. با توجه به مشکلات مشاهده شده در مدیریت تقاضای سفرکه به‌دلیل عدم پیش‌بینی صحیح تغییر سیاستها به‌وقوع می‌پیوندد، ساخت مدلهای ناهمفزون رفتاری در برنامه‌ریزیهای حمل‌ونقل شهری لازم به‌نظر می‌رسد. نارضایتی‌ها از دقت پیش‌بینی‌های مدلهای چهارمرحله‌ای در طول سالهای ۱۹۷۰، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل را از تأکید بر روی توسعه زیرساختها به احتیاجات سفر برای یک فرد (طراحی ناهمفزون) تبدیل کرده است [Jovicic, 2001].

مدلسازی حمل‌ونقل یک شهر به طور معمول در دو سطح متفاوت همفزون[1] و ناهمفزون[2] صورت می‌گیرد. در مدلهای همفزون متغیر وابسته بیانگر میانگین گروهی مشاهدات است، درحالی که متغیر وابسته مدلهای ناهمفزون نشان‌دهنده مشاهدات مربوط به یک رویداد منفرد (مانند یک فرد یا یک سفر) است. در روش همفزون، یک ناحیه که از نظر رفتارهای حمل‌ونقلی و مشخصات اقتصادی- اجتماعی شباهتهای زیادی به هم دارند به عنوان کوچک ترین پایه اطلاعاتی درنظر گرفته شده و برای آن مرکزی انتخاب و فرض می‌شود که کلیه سفرهای آن ناحیه از آن نقطه شروع و به آن ختم می‌شود. در مقابل، شیوه ناهمفزون بر رفتار فعالیت هر فرد تکیه دارد و خصوصیات موجد فعالیت و رفتارهای سفر را پیش‌بینی می‌کند و تک تک فعالیتها مورد بررسی واقع می‌شوند (به عنوان نمونه به [Ortuzar, 2011] مراجعه شود).

در زمانه حاضر، از یک سو مدلهای فعالیت- مبنا که تا دهه اخیر کاملا دانشگاهی و علمی باقی مانده بودند، اخیراً به صورت جهانی برای پیش‌بینی عملی تقاضای سفر و آزمون سیاست بکار گرفته می‌شوند و از سوی دیگر پیچیدگی سیاستها که برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان حمل‌ونقل با آن روبرو هستند، و چالشهای مرتبط با مدلسازی مرسوم تا به حال چنین شگرف نبوده است [Sivakumar and Pinjari, 2012]. توسعه و کاربرد مدلهای فعالیت- مبنا در این فضای ایجاد شده در دهه اخیر بسیار قابل توجه بوده است [Nijland et al., 2012]. مفهوم روش فعالیت- مبنا از جغرافیای انسانی و علوم اجتماعی به تکامل رسیده است



Archive of SID
www.SID.ir

و پژوهشگران حمل‌ونقل با استفاده از آن، فعالیت و رفتار سفر را با فرضیاتی به هم ربط داده‌اند [Malayath and Verma, 2012]، به طوری که اکنون می‌توان ادعا کرد که این شیوه تحلیل و برآورد تقاضا به مرز بلوغ رسیده است [Arentze, 2011]. در بسیاری پژوهشها، از مدل فعالیت- مبنا به عنوان جایگزینی برای مدل چهار مرحله‌ای استفاده شده است [Arentze, 2011 and Kim, 2008]، گرچه در پژوهشهای جدیدتر به گسترش‌هایی در زمینه‌های دیگر نیز، نظیر کاربرد در مدلسازی آلودگی هوا [Hatzopoulou and Miller, 2010]، و در نظر گرفتن مسئله پارکینگ [Khandker, 2012] فکر شده است.

هدف از مقاله حاضر تلاش برای استفاده از روش فعالیت- مبنا در بررسی رفتار سفر ساکنین یک منطقه از شهر تهران است. به این منظور با استفاده از پایگاه داده‌های سفر- مبنا، اطلاعات موردنیاز برای ساخت مدلهای فعالیت- مبنا را فراهم آورده و تقاضای سفرهای روزانه افراد را براساس زمان و طریقه سفر تحلیل می‌کند. برای ساخت مدلهای بر مبنای فعالیت، روند متفاوتی از روشهای سنتی طی می‌شود، که در آن با روش‌های همفزون مدلهای جداگانه تولید/جذب، توزیع، تفکیک وسیله و تخصیص مسیر ساخته می‌شوند. در این مقاله با بهره‌گیری از مطالعات پیشین سعی شده ساختارهای جدیدی نیز بررسی شوند. به این منظور در ساختار همزمان، الگوی سفر نیز به عنوان یک عامل مهم در طبقه‌بندی گزینه‌ها وارد شده است.

این مقاله به شرحی که در پی می‌آید سازماندهی شده است: پس از مقدمه و توضیحات اولیه، روش‌شناسی ارایه شده است. سپس بانک اطلاعاتی و نرم‌افزار مورد استفاده معرفی شده‌اند. در ادامه، الگوهای فعالیت دسته‌بندی شده، مدلهای مختلف ارایه و سپس ارزیابی شده‌اند. در نهایت مطابق معمول پس از نتیجه‌گیری، فهرست منابع مورد مراجعه آورده شده است.

## ۲. روش‌شناسی

برای تعیین ساختاری که فعالیت افراد و نحوه تصمیم‌گیری آنها را در تقاضای سفر معین کند، مدلهای فعالیت- مبنا مورد نیاز است. این ساختار باید به‌گونه‌ای باشد که امکان تحلیل سیاستهای مدیریت تقاضای ترافیک را نیز فراهم آورد. این موارد در قالب برنامه‌ریزی فعالیت روزانه امکان‌پذیر است که توسط آن، ترکیبهای امکان‌پذیر فعالیتهایی که فرد می‌تواند در طول روز انجام دهد، مشخص می‌شود. به‌طور کلی فعالیتهای روزانه فرد به‌صورت انجام یک فعالیت اصلی و به‌دنبال آن تعدادی فعالیت فرعی است. براین اساس می‌توان برنامه‌ریزی روزانه فرد را در قالب تصمیم‌گیری برای انتخاب چند بعدی تعریف و سه گروه مدل به‌شرح زیر ایجاد کرد:

الف) مدلهای الگوی فعالیت روزانه

ب) مدلهای انتخاب زمان و طریقه زنجیره سفر اولیه

ج) مدلهای انتخاب زمان و طریقه زنجیره سفر ثانویه

تاکنون برای شهرهای مختلف دنیا از جمله بوستن، پرتلند، تکزاس، آتلانتا و غیره مدلهای برنامه زمانی روزانه ساخته شده است. از آنجا که تعیین الگوی فعالیت روزانه افراد به خصوصیات اقتصادی- اجتماعی آنها بستگی دارد، در ساختار این مدلها از پارامترهای اقتصادی- اجتماعی فرد تصمیم‌گیرنده مانند سن، جنسیت، تعداد فرزندان، درآمد و نیز هدف فعالیت اصلی، وجود زنجیره سفر ثانویه و وجود توقف در زنجیره سفر استفاده می‌شود. در مدلهای گروه دوم و سوم، اطلاعاتی در زمینه نوع و شرایط زنجیره سفر، اهداف اصلی و فرعی زنجیره سفر، زمان‌های سفر با مدهای مختلف حمل‌ونقل، دارا بودن گواهینامه رانندگی، درآمد و غیره درنظر گرفته می‌شود[Bowman, 1995, Bowman, 1998, Baht et al., 2001].

برای تعیین توابع مطلوبیت انتخابهای شرح داده شده از توابع لوجیت استفاده می‌شود. برای تعیین تأثیرات مدلهای مطرح شده، سه ساختار در این پژوهش در نظر گرفته شده است [عسگری، ۱۳۸۸ و فرزام، ۱۳۸۸].

۱- مدلهای لوجیت مستقل ارتباطی بین تصمیم‌گیریهای مراحل مختلف برقرار نمی‌کند.

۲- مدلهای لوجیت آشیانه‌ای ارتباط شرطی بین تصمیم‌گیریهای متوالی برقرار می‌نماید.

Archive of SID


www.SID.ir

۳- مدلهای هم‌زمان ارتباط هم‌زمان دو یا چند مرحله تصمیم‌گیری را درنظر می‌گیرد.

در ساختار لوجیت چندجمله‌ای مستقل، هر تصمیم‌گیری به‌صورت جدا مدل می‌شود، به این معنا که ابتدا تصمیم‌گیری در مورد انتخاب الگوی فعالیت روزانه مستقلاً مدل می‌شود، سپس مدلهای زمان روز، زمانی را که فرد به فعالیت در زنجیره سفرهای اصلی و فرعی مشغول است، تعیین می‌کند. در مدلهای انتخاب طریقه، وسیله نقلیه‌ای که فرد برای انجام فعالیت‌های روزانه‌اش در قالب زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه انتخاب می‌کند، اختصاص داده می‌شود.

در مدلهای لوجیت آشیانه‌ای به‌صورت شرطی اثر تصمیم‌گیری بخش‌های مختلف برنامه‌ریزی فعالیت‌های روزانه (ازجمله هدف فعالیت، زمان، مکان و وسیله سفر) سنجیده می‌شود. مطلوبیت هر سطح به‌صورت احتمال شرطی به‌سطوح بالاتر منتقل می‌شود. در این پژوهش دو ساختار آشیانه‌ای دو سطحی، ابتدا برای تصمیمات انتخاب زمان و وسیله سفر زنجیره سفر اولیه و سپس تصمیمات انتخاب طریقه سفر در زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه مدلسازی می‌شوند. از آنجا که انتخاب زمان معمولاً قبل از انتخاب وسیله‌نقلیه صورت می‌گیرد، انتخاب وسیله‌نقلیه در سطح پایین و انتخاب زمان روز در سطح بالا درنظر گرفته می‌شود. در مورد ساختار آشیانه‌ای برای انتخاب وسیله‌نقلیه زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه نیز انتظار می‌رود انتخاب وسیله‌نقلیه زنجیره سفر اولیه در سطح بالا و زنجیره سفر ثانویه در سطح پایین قرار گیرد. دسته‌بندی وسایل نقلیه شامل انتخاب سه دسته وسیله‌نقلیه شخصی، همگانی و نیمه همگانی است. در پرسشگری ساکنان تهران برای وسیله سفر ۱۳ دسته درنظر گرفته شده بود که در این مقاله دوچرخه، موتور، سواری و وانت در دسته شخصی؛ تاکسی، مسافربر و شخصی، تاکسی تلفنی و آژانس، سرویس، وسیله شرکت یا سازمان و سایر در دسته نیمه‌همگانی؛ مینی‌بوس خطی، اتوبوس واحد و مترو در دسته همگانی قرار گرفتند.

از طرف دیگر با توجه به اینکه برخی تصمیمات به‌صورت هم‌زمان و با هم اتخاذ می‌شود، مدلهایی براین اساس ساخته شده و احتمالاتی را که در آن افراد، گزینش الگوی فعالیت روزانه، زمان و طریقه سفر، گزینش زمان و طریقه سفر یا طریقه سفر زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه را هم‌زمان انتخاب می‌کنند، مدل می‌شود.

## ۳. داده‌های پژوهش

داده‌های این پژوهش برای مدل‌سازی، عموماً از آمارگیری مبدأ- مقصد شهر تهران به دست آمده که در سال ۱۳۸۳ توسط شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران تهیه شده است. در این پژوهش، از اطلاعات منطقه ۳ شهرداری شهر تهران استفاده شده است [شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ۱۳۸٦]. منطقه ۳ در قسمت مرکزی نیمه شمالی شهر تهران واقع شده و از شمال با منطقه ۱، از شرق با منطقه ٤، از جنوب با مناطق ٦ و ۷ و از غرب با منطقه ۲ مجاور و هم‌مرز است. کاربری این منطقه در قسمت شمال شرقی غالباً مسکونی است و در سایر قسمت‌ها، کاربری‌های تجاری و اداری به عنوان کاربری غالب شناخته می‌شود.

پرسش‌نامه آمارگیری مبدأ- مقصد شهر تهران شامل چهار دسته اطلاعات است [شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷].

- اطلاعات اقتصادی- اجتماعی- جمعیتی خانوار (مانند تعداد افراد خانوار: جنس، سن، میزان تحصیلات و شغل)؛
- اطلاعات مالکیت وسیله نقلیه (تعداد و نوع وسایل تحت تملک خانواده و سال ساخت آن؛
- اطلاعات سفر خانوار (تعداد، مبدأ و مقصد، هدف سفر و وسیله سفر)؛
- اطلاعات جغرافیایی (شامل محل سکونت، اطلاعات مربوط به محل تهیه نمونه (مدرسه مورد نظر، ناحیه مربوط به مبدا و مقصد سفر هر فرد)؛

بانک اطلاعاتی تهیه شده از داده‌های معرفی شده در بالا به طور کلی حاوی داده‌های ۲٤۰٤ نمونه بود که دارای الگوهای مختلف زنجیره سفر بوده‌اند. البته ذکر این نکته ضروری است که تعداد مشاهدات


www.SID.ir
Archive of SID

برای همه مدلها یکسان نیست و یا توجه به هر نوع هدف سفر، وسیله سفر و زمان سفر تعداد نمونه‌ها در هر مدل متفاوت خواهد بود.

در این مطالعه از نرم افزار Nlogit برای مدل‌سازی استفاده شده است. این نرم افزار جهت ساخت مدلهای تفکیک وسیله و انتخاب گسسته کاربرد دارد. این نرم‌افزار با اضافه شدن به نسخه Limdep، از کامل‌ترین بسته‌های نرم‌افزاری برای مدلهای لوجیت چند جمله‌ای و لوجیت آشیانه‌ای به‌شمار می‌رود. توانایی مدل‌سازی لوجیت آشیانه‌ای تا چهار سطح و ۸۵ انتخاب، ایجاد مدل لوجیت با پارامترهای تصادفی و همبسته و محاسبه احتمالات پیش‌بینی شده، مطلوبیت‌ها و ارزش‌های محاسبه شده را دارد. نرم افزارLimdep یک برنامه رایانه ای برای تخمین و تحلیل مدلهای رگرسیونی و نیز مدلهای دارای متغیرهای وابسته کیفی و یا محدود شده است. تاکنون برنامه‌ای ارایه نشده است که نسبت به این برنامه تنوع بیشتری را از لحاظ چهارچوب‌های مدل‌سازی، ابزارها و مشخصات تحلیل داده‌های مقطعی، سری زمانی و توامان[3] در تحلیل مدلهای یاد شده حاصل نماید. نویسنده این برنامه ویلیام اچ. گرین از اقتصاددانان برجسته دانشگاه نیویورک است. نسخه تحت ویندوز این برنامه متناسب با ویندوز۹۵، ۹۸ وNT است. افزون براین، این برنامه ۱۶ مگابایت حافظه احتیاج داشته و تقریباً ۵ تا ٦ مگابایت از دیسک سخت رایانه را اشغال می‌کند [Greene, 2007].

## ٤. دسته‌بندی الگوهای فعالیت روزانه

عواملی نظیر هدف فعالیت اصلی، ساده یا پیچیده بودن زنجیره سفر، وجود یا عدم وجود زنجیره سفرهای ثانویه از عوامل مهم در تعیین الگوی فعالیت روزانه شناسایی شده است. بررسی بانک اطلاعاتی نشان می‌دهد ٤٤ درصد فعالیت اصلی افراد با هدف شغلی و ۳۱ درصد تحصیلی هستند. بنابراین این دو هدف به عنوان عوامل تعیین‌کننده الگوهای سفر روزانه شناخته می‌شود و بقیه اهداف به دلیل کم بودن فراوانی هر گروه، در دسته سایر قرار داده می‌شود.

در جدول ۱ تعداد الگوهای افرادی که هر یک از الگوها را انتخاب کرده‌اند، نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود دو الگوی تحصیل ساده و پیچیده با زنجیره سفرهای ثانویه بیش از یک توسط افراد در نمونه مورد بررسی انجام نشده و فراوانی آن صفر است، بنابراین در نهایت مدل لوجیت برای الگوی فعالیت روزانه با اطلاعات ۲٤۰٤ نمونه ساخته می‌شود. لازم به ذکر است الگوهای ۱، ۷ و ۱۳، به ترتیب با ۳۸، ۳۰، و ۱۹ درصد بیشترین فراوانی را داشته‌اند.

**جدول ۱. دسته‌بندی الگوی فعالیت روزانه**

| نام مدل | هدف فعالیت اولیه | شرح زنجیره سفر اولیه | تعداد زنجیره سفرهای ثانویه |
|---|---|---|---|
| DAP1 | کار | خانه مبنا با هدف کار و ساده | صفر |
| DAP2 | کار | خانه مبنا با هدف کار و ساده | یک |
| DAP3 | کار | خانه مبنا با هدف کار و ساده | بیش از یک |
| DAP4 | کار | خانه مبنا با هدف کار و پیچیده | صفر |
| DAP5 | کار | خانه مبنا با هدف کار و پیچیده | یک |
| DAP6 | کار | خانه مبنا با هدف کار و پیچیده | بیش از یک |
| DAP7 | تحصیل | خانه مبنا با هدف تحصیل و | صفر |
| DAP8 | تحصیل | خانه مبنا با هدف تحصیل و | یک |
| DAP9 | تحصیل | خانه مبنا با هدف تحصیل و | بیش از یک |
| DAP10 | تحصیل | خانه مبنا با هدف تحصیل و | صفر |
| DAP11 | تحصیل | خانه مبنا با هدف تحصیل و | یک |
| DAP12 | تحصیل | خانه مبنا با هدف تحصیل و | بیش از یک |
| DAP13 | سایر | خانه مبنا با هدف سایر و ساده | صفر |
| DAP14 | سایر | خانه مبنا با هدف سایر و ساده | یک |
| DAP15 | سایر | خانه مبنا با هدف سایر و ساده | بیش از یک |
| DAP16 | سایر | خانه مبنا با هدف سایر و پیچیده | صفر |
| DAP17 | سایر | خانه مبنا با هدف سایر و پیچیده | یک |
| DAP18 | سایر | خانه مبنا با هدف سایر و پیچیده | بیش از یک |

Archive of SID


www.SID.ir

## ۵. ساخت مدل

با توجه به اطلاعات گردآوری شده برنامه روزانه فرد را می‌توان حاصل پنج مرحله تصمیم‌گیری متوالی در نظر گرفت که شامل انتخاب الگوی فعالیت روزانه؛ انتخاب زمان سفر با هدف اصلی؛ انتخاب وسیله سفر مربوط به سفر اصلی؛ انتخاب زمان سفر فعالیت ثانویه؛ انتخاب وسیله سفر فعالیت ثانویه است. مراحل تصمیم‌گیری فوق با سه ساختار مستقل، آشیانه‌ای و همزمان مدل‌سازی شد. برای مدلسازی لوجیت آشیانه‌ای دو ساختار تهیه شد که یکی مدل آشیانه‌ای انتخاب زمان و طریقه زنجیره سفر اولیه، و دیگری مدل آشیانه‌ای انتخاب طریقه زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه بود.

در ساختار اول آشیانه‌ای برای اینکه در هر شاخه تعداد نمونه کافی برای ایجاد مدل وجود داشته باشد زمان به دو دسته تقسیم شده بود. بنابراین در سطح بالا زمان‌های صبح تا صبح، صبح تا ظهر و صبح تا عصر در گروه اول و زمان‌های ظهر تا ظهر، ظهر تا عصر و عصر تا عصر در گروه دوم، و در سطح پایین انتخاب سه دسته وسیله نقلیه شخصی، همگانی و نیمه همگانی قرار می‌گرفتند. مدلها با ۱۵۸۰ نمونه ساخته شدند، ولی ضریب $\theta$ برای تعیین میزان معنی‌دار و درست بودن ساختار آشیانه‌ای بزرگ تر از ۱ بود که نشان می‌داد ساختار پیشنهادی برای مدل‌سازی مناسب نیست [Greene, 2011] و به‌عبارتی اطلاعات گردآوری شده برای منطقه مورد بررسی نمایانگر ساختار آشیانه‌ای برای درنظر گرفتن تاثیر تصمیم‌گیریهای زمان و وسیله‌نقلیه سفر نیست.

در ساختار دوم آشیانه‌ای، دسته‌بندی وسایل نقلیه مانند بخش قبل سه دسته وسیله‌نقلیه شخصی، همگانی و نیمه همگانی است، اما از آنجا که انتخاب وسیله‌نقلیه همگانی برای زنجیره سفر اولیه و شخصی برای زنجیره سفر ثانویه و نیز انتخاب وسیله‌نقلیه نیمه‌همگانی برای زنجیره سفر اولیه و همگانی برای زنجیره سفر ثانویه در نمونه مورد بررسی وجود ندارد، از ساختار حذف می‌شود. مدلها با ۲۳۰ نمونه ساخته شد، ولی بازهم مقدار $\theta$ بزرگ‌تر از ۱ به دست آمد که مشابه قبل ساختار لوجیت را تایید نمی‌کرد. با توجه به آن که نتایج لوجیت آشیانه‌ای مورد تایید قرار نگرفت، نتایج مدلسازی دو گروه دیگر در ادامه گزارش شده است.

### ۵-۱ مدلهای مستقل

در مدل‌سازی مستقل بین گزینه‌ها که در این‌جا تصمیم‌گیریهای افراد است، ارتباطی وجود ندارد. در ادامه برای هر گروه از مدلها، ضرایب متغیرها محاسبه می‌شود. اهمیت ضرایب با آزمون آماری $t$ سنجیده شده است.

#### ۵-۱-۱ مدل الگوی فعالیت روزانه

فرآیند ساخت مدل به‌منظور تعیین نحوه و میزان تاثیر متغیرهای مختلف با تکرار مدل‌سازی انجام شده است. پس از ارزیابی متغیرها و انجام بهبودهای امکان‌پذیر، ۱۶ مدل الگوی فعالیت روزانه به شرح زیر ساخته شد. لازم به ذکر است که اعداد داخل پرانتز در زیر هر مدل مقدار آماره‌ی $t$ هر متغیر را مشخص کرده است. فهرست متغیرهای مورد استفاده در مدلها در جدول ۲ ارایه شده است. (روابط ۱۶-۱)

#### ۵-۱-۲ مدل انتخاب زمان روز زنجیره سفر اولیه

برای زمان سفر فعالیت اولیه شش بازه زمانی به‌صورت زیر درنظر گرفته شده است:

۱- فعالیت‌هایی که در صبح آغاز شده و در صبح به‌پایان می‌رسند،
۲- فعالیت‌هایی که در صبح شروع شده و در ظهر به‌پایان می‌رسند،
۳- فعالیت‌هایی که در صبح آغاز شده و تا عصر به‌طول می‌انجامند،
٤- فعالیت‌هایی که در ظهر شروع شده و در ظهر به‌پایان می‌رسند،
۵- فعالیت‌هایی که در ظهر آغاز شده و تا عصر ادامه دارند،
٦- فعالیت‌هایی که در عصر آغاز شده و در عصر پایان می‌یابند.

برای ساخت مدلهای فوق از متغیرهای هدف فعالیت، ساده یا پیچیده بودن زنجیره سفر و وجود زنجیره سفرهای ثانویه در الگوی فعالیت روزانه فرد استفاده شده است. برای ساخت این مدلها از ۲۷٤٤ نمونه استفاده شده است. (روابط ۲۲-۱۷)

#### ۵-۱-۳ مدل انتخاب طریقه زنجیره سفر اولیه

برای انتخاب وسیله نقلیه سفر سه گزینه شخصی، همگانی و نیمه همگانی درنظر گرفته شده است. مدلها با ۲٤۰٦ نمونه ساخته


www.SID.ir
Archive of SID

**جدول ۲. معرفی متغیرهای پایگاه اطلاعاتی**

| نماد | شرح | نماد | شرح |
|---|---|---|---|
| AGM24 | سن بالای ۲٤ سال=۱؛ درغیر این صورت=۰ | DWPAP | اگر الگو کار،زمان صبح و طریقه نیمه‌همگانی است=۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| C5T15 | تعداد فرزندان بین ۵ تا ۱۵ سال در خانواده | DWPPP | اگر الگو کار،زمان عصر و طریقه شخصی است=۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| Certe | اگر فرد گواهینامه رانندگی دارد=۱؛ درغیر این صورت=۰ | FCL05 | تعداد فرزندان زیر ۵ سال در خانواده |
| Cost | هزینه سفر | Fmem | تعداد اعضای خانواده |
| CPRAD | نسبت تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال به افراد بالای ۱۸ سال | Income | سطح درآمد خانواده براساس اشتغال |
| DAP1 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | Job14 | اگر فرد خانه‌دار است=۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP10 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱۰ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | Locat | اکر مبدأ و مقصد فرد در منطقه ۳ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP11 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱۱ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PAO | اگر فعالیت اولیه فرد سایراست=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP12 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱۲ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PAS | اگر فعالیت اولیه فرد تحصیل است=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP13 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱۳ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PAW | اگر فعالیت اولیه فرد کار است=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP14 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱٤ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PMC1 | اگر وسیله نقلیه زنجیره سفر اولیه شخصی =۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP15 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱۵ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PMC2 | اگر وسیله نقلیه زنجیره سفر اولیه همگانی =۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP16 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱٦ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PMC3 | اگر وسیله‌نقلیه زنجیره سفر اولیه نیمه‌همگانی=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP17 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱۷ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PQMC | اگر طریقه سفر اولیه و ثانویه یکسان است=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP18 | اگر الگوی فعالیت فرد ۱۸ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PTT1 | اگر زمان زنجیره‌سفر اولیه صبح‌تاصبح=۱؛درغیر این صورت=۰ |
| DAP2 | اگر الگوی فعالیت فرد ۲ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PTT2 | اگر زمان زنجیره‌سفر اولیه صبح‌تاظهر=۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP3 | اگر الگوی فعالیت فرد ۳ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PTT3 | اگر زمان زنجیره‌سفر اولیه صبح‌تاعصر=۱؛درغیر این صورت=۰ |
| DAP4 | اگر الگوی فعالیت فرد ٤ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PTT4 | اگر زمان زنجیره‌سفر اولیه ظهرتاظهر=۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP5 | اگر الگوی فعالیت فرد ۵ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PTT5 | اگر زمان زنجیره‌سفر اولیه ظهرتاعصر=۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP6 | اگر الگوی فعالیت فرد ٦ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | PTT6 | اگر زمان زنجیره سفر اولیه فرد عصر تا عصر =۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP7 | اگر الگوی فعالیت فرد ۷ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | Sex | اگر فرد جنسیت مذکر دارد=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP8 | اگر الگوی فعالیت فرد ۸ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | SMC1 | اگر وسیله نقلیه زنجیره سفر ثانویه شخصی =۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DAP9 | اگر الگوی فعالیت فرد ۹ است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | SMC2 | اگر وسیله نقلیه زنجیره سفر ثانویه همگانی =۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DOPAP | اگر الگو سایر، زمان صبح و طریقه شخصی است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | SMC3 | اگر وسیله‌نقلیه زنجیره سفر ثانویه نیمه‌همگانی=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DOPAP | اگر الگو سایر، زمان صبح و طریقه همگانی است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | SONO | اگر فرد زنجیره سفر ثانویه ندارد=۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DOPAP | اگر الگو سایر، زمان صبح و طریقه نیمه‌همگانی است=۱؛ درغیر این | SPO | اگر زنجیره سفر اولیه ساده و فعالیت فرد غیر از کار و تحصیل است=۱ ؛ درغیر این |
| DOPPP | اگر الگو سایر، زمان عصر و طریقه شخصی است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | SPT | اگر زنجیره سفر اولیه ساده است=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DOPPP | اگر الگو سایر، زمان عصر و طریقه همگانی است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | STHO | زمان نیم زنجیره سفر ثانویه |
| DOPPP | اگر الگو سایر، زمان عصر و طریقه نیمه‌همگانی است=۱؛ درغیر این | STOM | اگر فرد بیش از یک زنجیره سفر ثانویه دارد=۱ ؛ درغیر این صورت=۰ |
| DSPAP | اگر الگو تحصیلی، زمان صبح و طریقه شخصی است=۱؛ درغیر این | STT1 | اگر زمان زنجیره سفر ثانویه فرد صبح تا صبح =۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DSPAP | اگر الگو تحصیلی، زمان صبح و طریقه همگانی است=۱؛ درغیر این | STT2 | اگر زمان زنجیره سفر ثانویه فرد صبح تا ظهر =۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DSPAP | اگر الگو تحصیلی، زمان صبح و طریقه نیمه‌همگانی است=۱؛ درغیر این | STT3 | اگر زمان زنجیره سفر ثانویه فرد صبح تا عصر =۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DSPPPM | اگر الگو تحصیلی، زمان عصر و طریقه شخصی است=۱؛ درغیر این | STT4 | اگر زمان زنجیره سفر ثانویه فرد ظهر تا ظهر =۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DSPPPM | اگر الگو تحصیلی، زمان عصر و طریقه همگانی است=۱؛ درغیر این | STT5 | اگر زمان زنجیره سفر ثانویه فرد ظهر تا عصر =۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DSPPPM | اگر الگو تحصیلی، زمان عصر و طریقه نیمه‌همگانی است=۱؛ درغیر این | STT6 | اگر زمان زنجیره سفر ثانویه فرد عصر تا عصر =۱؛ درغیر این صورت=۰ |
| DWPAP | اگر الگو کار،زمان صبح و طریقه شخصی است=۱؛ درغیر این صورت=۰ | THO | زمان نیم زنجیره سفر اولیه |
| DWPAP | اگر الگو کار،زمان صبح و طریقه همگانی است=۱؛ درغیر این | VD | نسب تعداد وسایل نقلیه به تعداد رانندگان در خانواده |

$$U(DAP1) = \underset{(3/1)}{0/78}\times AGM24 + \underset{(3/8)}{0/53}\times CPRAD + \underset{(4/7)}{0/74}\times SEX - \underset{(-5/9)}{0/7}\times LOCT + \underset{(3/7)}{4/3} \quad (1)$$

$$U(DAP2) = \underset{(1/8)}{0/94}\times AGM24 + \underset{(1/1)}{0/18}\times C5T15 + \underset{(3/1)}{1/1}\times SEX + \underset{(1/1)}{1/3} \quad (2)$$

$$U(DAP3) = \underset{(1/4)}{0/42}\times Fmem - \underset{(-1/0)}{0/65}\times SEX - \underset{(-0/2)}{0/42} \quad (3)$$

$$U(DAP4) = \underset{(1/3)}{0/48}\times FCL05 + \underset{(1/3)}{0/46}\times SEX + \underset{(1/2)}{2/26} \quad (4)$$

$$U(DAP5) = \underset{(-1/6)}{-1/1}\times C5T15 + \underset{(1/3)}{1/5} \quad (5)$$

$$U(DAP6) = \underset{(1/7)}{0/34}\times C5T15 + \underset{(1/2)}{1/4} \quad (6)$$

Archive of SID



www.SID.ir

$$U(DAP۷) = \underset{(-۱۵/۵)}{-۳/۹۹ \times AGM۲۴} + \underset{(۸/۲)}{۱/۴۵ \times CPRAD} \underset{(-۴/۷)}{-۰/۸۱ \times SEX} + \underset{(۵/۹)}{۶/۸} \quad (۷)$$

$$U(DAP۸) = \underset{(-۶/۵)}{-۲/۹۶ \times AGM۲۴} + \underset{(۱/۷)}{۰/۵۶ \times LOCT} + \underset{(۳/۲)}{۳/۷} \quad (۸)$$

$$U(DAP۱۰) = \underset{(۱/۷)}{۰/۵۹ \times C۵T۱۵} \underset{(-۲/۹)}{-۲/۲۸ \times SEX} + \underset{(۱/۴)}{۱/۷} \quad (۹)$$

$$U(DAP۱۱) = \underset{(۱/۹)}{۱/۴ \times C۵T۱۵} \underset{(-۱/۱)}{-۱/۹۴} \quad (۱۰)$$

$$U(DAP۱۳) = \underset{(-۲/۰)}{-۰/۵ \times AGM\ ۲۴} + \underset{(۱۵/۷)}{۲/۹ \times JOB\ ۱۴} + \underset{(۴/۰)}{۴/۵} \quad (۱۱)$$

$$U(DAP۱۴) = \underset{(-۱/۷)}{-۰/۲ \times Fmem} \underset{(-۳/۸)}{-۱/۱ \times SEX} + \underset{(۳/۳)}{۴/۱} \quad (۱۲)$$

$$U(DAP۱۵) = \underset{(۳/۸)}{۴/۲ \times JOB۱۴} \underset{(-۰/۸)}{-۱/۲} \quad (۱۳)$$

$$U(DAP۱۶) = \underset{(-۱/۸)}{-۰/۹۶ \times AGM24} + \underset{(۶/۰)}{۲/۶ \times JOB14} + \underset{(۱/۸)}{۲/۲} \quad (۱۴)$$

$$U(DAP۱۷) = \underset{(۱/۲)}{۱/۱ \times FCL۰۵} \underset{(-۱/۶)}{-۱/۸ \times SEX} + \underset{(۰/۶)}{۰/۷۷} \quad (۱۵)$$

$$U(DAP۱۸) = \underset{(-۱/۴)}{-۱/۸ \times AGM۲۴} + \underset{(۳/۳)}{۴/۲ \times JOB۱۴} \quad (۱۶)$$

$L(B)=-۲۶۰۲/۱۴۸ \quad L(0)=-۶۶۶۵/۳۰ \quad L(C)=-۳۸۲۰/۸۴۲۹ \quad \rho^2 = ۰/۶۰۹ \quad \rho^2_C = ۰/۳۱۹$

$$U(PTT1) = \underset{(۱۰/۴)}{۲/۴ \times SPO} \underset{(-۶/۰)}{-۱/۷ \times SPT} + \underset{(۱/۷)}{۰/۵۶} \quad (۱۷)$$

$$U(PTT2) = \underset{(۲/۰)}{۰/۴ \times PAS} + \underset{(۱/۵)}{۰/۴} \quad (۱۸)$$

$$U(PTT3) = \underset{(۶/۷)}{۱/۲ \times SONO} + \underset{(۱۴/۳)}{۲/۴ \times PAW} + \underset{(۱/۶)}{۰/۴ \times PAS} \underset{(-۲/۰)}{-۰/۷} \quad (۱۹)$$

$$U(PTT4) = \underset{(۴/۲)}{۲/۸ \times SPO} \underset{(-۶/۸)}{-۴/۴} \quad (۲۰)$$

$$U(PTT5) = \underset{(۵/۹)}{۱/۹ \times SPO} \underset{(-۲/۳)}{-۱/۲ \times SPT} \underset{(-۲/۲)}{-۱/۱} \quad (۲۱)$$

$$U(PTT6) = \underset{(۹/۱)}{۲/۳ \times SPO} \underset{(-۴/۹)}{-۱/۶ \times SPT} \quad (۲۲)$$

$L(B)=-۲۶۰۳/۷۲ \quad L(0)=-۴۸۶۲/۸۴ \quad L(C)=-۳۳۴۳/۹۹ \quad \rho^2 = ۰/۴۶۵ \quad \rho^2_C = ۰/۲۲۱$

شده است. متغیرهای اقتصادی-اجتماعی، گواهینامه‌داشتن، سطح درآمد و نسبت وسایل نقلیه تحت تملک خانواده به افراد دارای گواهینامه در کنار متغیرهای مربوط به خصوصیات سفر از جمله زمان سفر، بر انتخاب وسیله سفر افراد تاثیرگذار است. (روابط ۲۵-۲۳)

**۵-۱-٤ مدل انتخاب زمان روز زنجیره سفر ثانویه**

بررسی زمان روز زنجیره سفر ثانویه در جامعه آماری نشان داد که زمان صبح تا عصر دارای فراوانی صفر است. این منطقی است، چرا که زمان روز صبح تا عصر دوره طولانی مدتی است که به عنوان زنجیره سفر ثانویه انتخاب نمی‌شود. در واقع در زمان صبح تا عصر غالباً هدف اصلی فعالیت روزانه (عموماً کار یا تحصیل)

Archive of SID


www.SID.ir

$$U(PMC1)=\underset{(5/1)}{1/2}\times VD+\underset{(17/2)}{2/2}\times CERTI+\underset{(6/6)}{0/7}\times Income-\underset{(-9/4)}{2/9} \quad (23)$$

$$U(PMC2)=\underset{(1/4)}{0/002}\times THO+\underset{(1/4)}{0/6}\times SPT-\underset{(-3/9)}{1/9} \quad (24)$$

$$U(PMC3)=\underset{(-1/3)}{-0/3}\times VD+\underset{(1/2)}{0/3}\times SPT \quad (25)$$

$L(B)=-1869/53 \quad L(0)=-2643/26 \quad L(C)=-2229/15 \quad \rho^2 = 0/293 \quad \rho^2_C = 0/161$

$$U(STT1)=\underset{(2/7)}{0/97}\times PAO+\underset{(2/7)}{1/98}\times STOM-\underset{(-3/1)}{1/4} \quad (26)$$

$$U(STT2)=\underset{(-2/5)}{-2/4}\times SPT-\underset{(-1/9)}{1/2} \quad (27)$$

$$U(STT4)=\underset{(2/6)}{2/7}\times STOM-\underset{(-4/7)}{3/2} \quad (28)$$

$$U(STT5)=\underset{(1/6)}{1/5}\times PAW+\underset{(2/0)}{1/6}\times p+\underset{(1/6)}{1/4}\times PAO-\underset{(-2/6)}{2/5} \quad (29)$$

$$U(STT6)=\underset{(1/8)}{1/2}\times STOM+\underset{(1/8)}{0/8}\times SPT \quad (30)$$

$L(B)=-230/56 \quad L(0)=-410/41 \quad L(C)=-248/64 \quad \rho^2 = 0/438 \quad \rho^2_C = 0/0727$

$$U(SMC1)=\underset{(6/4)}{2/9}\times PQ+\underset{(4/3)}{2/3}\times CERTE+\underset{(1/2)}{0/5}\times Income-\underset{(-4/1)}{3/6} \quad (31)$$

$$U(SMC2)=\underset{(2/2)}{1/5}\times PQ-\underset{(-3/9)}{2/9} \quad (32)$$

$$U(SMC3)=\underset{(-1/5)}{-0/95}\times VD \quad (33)$$

$L(B)=-111/36 \quad L(0)=-410/41 \quad L(C)=-153/99 \quad \rho^2 = 0/55 \quad \rho^2_C = 0/277$

انجام می‌شود. بنابراین برای زمان روز زنجیره سفر ثانویه ۵ الگو ساخته شده که در زیر نشان داده شده است. مدلها با ۲۵۵ نمونه ساخته شده است. (روابط ۳۰-۲۶)

**۵-۱-۵ مدل انتخاب طریقه زنجیره سفر ثانویه**

در انتخاب وسیله سفر مربوط به زنجیره سفر ثانویه نسبت وسایل‌نقلیه به رانندگان در خانواده، داشتن گواهینامه رانندگی، درآمد خانواده و یکسان بودن نوع وسیله نقلیه در زنجیره سفر اولیه و ثانویه مؤثر می‌باشند. مانند مدلهای قبل فرآیند مدل‌سازی در هر مرحله با حذف و اضافه کردن متغیرهایی که با مدل همبستگی دارند، در هر مرحله ارزیابی و بهبود داده می‌شود. مدلها با ۲۲۵ نمونه ساخته شده است. (روابط ۳۳-۳۱)

**۵-۲ مدلهای هم‌زمان**

مدلهای لوجیت هم‌زمان برای سه حالت ارایه شده است.

الف) مدلهای هم‌زمان انتخاب الگوی فعالیت روزانه، زمان روز و طریقه زنجیره سفر اولیه.

ب) مدلهای هم‌زمان انتخاب زمان روز و طریقه زنجیره سفر اولیه؛

ج) مدلهای هم‌زمان انتخاب طریقه زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه.

**۵-۲-۱ مدل همزمان انتخاب الگوی فعالیت روزانه، زمان و طریقه زنجیره سفر اولیه**

در بسیاری از اوقات هنگامی‌که فرد در حال برنامه‌ریزی برای سفرهای روز بعد است و یا به‌طور روزمره فعالیتی را تکرار می‌کند (مانند شغل یا تحصیل یا برنامه‌های ورزشی و ...) به‌طور همزمان

Archive of SID


www.SID.ir

انتخاب می‌کند که در روز بعد به چه منظوری، در چه زمانی و با چه وسیله‌ای سفر نماید. با توجه به اطلاعات جمع‌آوری و دسته‌بندی شده و به علت فراوانی محدود برخی از الگوهای فعالیت روزانه، مانند قبل سه هدف کار، تحصیل و سایر در نظر گرفته شده است. زمان سفر به دو دوره صبح و عصر و وسیله نقلیه به سه دسته شخصی، همگانی و نیمه‌همگانی، طبقه‌بندی شده‌اند. از آنجا که مطلوبیت هم‌زمان دو الگوی روزانه کار و زمان ظهر تا عصر با وسیله نقلیه همگانی و نیمه‌همگانی در بین نمونه‌ها وجود نداشت، ۱۶ مدل با ۲۴۰۲ نمونه به شرح زیر، ساخته شد. (روابط ۴۹-۳۴)

**۵-۲-۲ مدل همزمان انتخاب زمان و طریقه زنجیره سفر اولیه**

برای ساخت این مدلها دسته‌بندی وسیله سفر اولیه مانند قبل سه دسته در نظر گرفته شده است اما با توجه به فراوانی کم نمونه‌ها در دوره زمانی عصر، چهار دوره زمانی شامل زمان زنجیره سفر اولیه صبح تا صبح PTT۱، صبح تا ظهر PTT۲، صبح تا عصر PTT۳ و ظهر تا عصر (شامل ظهر تا ظهر، ظهر تا عصر و عصر تا عصر) PTT٤ تشکیل شد. مدلها با ۲۱۰۸ نمونه ساخته شده است. (روابط ٦١-٥٠)

$$U(DWPAPM۱)=۲/۱\times AGM۲۴+۰/۴\times VD-۰/۱۱\times LOCT-۲/۳ \quad (۳۴)$$
(۹/۶) (۲/۹) (-۰/۹) (-۴/۱)

$$U(DWPAPM۲)=۱/۵\times SEX -۱/۰\times VD -۲/۹ \quad (۳۵)$$
(۴/۶) (-۲/۶) (-۴/۴)

$$U(DWPAPM۳)=۱/۳\times AGM۲۴+۰/۴\times SONO+۰/۰۰۳\times THO-۳/۳ \quad (۳۶)$$
(۴/۵) (۱/۳) (۱/۶) (-۵/۰)

$$U(DWPPPM۱)= -۱/۲\times SPT+۱/۷\times INCOME-۵/۸ \quad (۳۷)$$
(-۲/۰) (۲/۷) (-۴/۲)

$$U(DSPAPM۱)=-۲/۶\times AGM۲۴+۰/۲\times CPRAD-۰/۸ \quad (۳۸)$$
(-۱۰/۲) (۱/۳) (-۱/۵)

$$U(DSPAPM۲)= -۳/۲\times AGM۲۴+۱/۳\times SONO -۲/۵ \quad (۳۹)$$
(-۸/۰) (۱/۸) (-۲/۸)

$$U(DSPAPM۳)= -۳/۱\times AGM۲۴+۰/۴\times C۵T۱۵+۱/۶\times SPT +۰/۶\times LOCT-۱/۹ \quad (۴۰)$$
(-۱۳/۵) (۴/۳) (۳/۲) (۴/۲) (-۲/۶)

$$U(DSPPPM۱)=-۰/۸۵\times SEX +۰/۶\times LOCT-۳/۸ \quad (۴۱)$$
(-۱/۷) (۱/۲) (-۵/۸)

$$U(DSPPPM۲)=۰/۷\times CPRAD-۵/۴ \quad (۴۲)$$
(۱/۰) (-۶/۸)

$$U(DSPPPM۳)= -۲/۳\times SEX -۰/۱۰\times THO -۳/۱ \quad (۴۳)$$
(-۳/۰) (-۱/۰) (-۴/۳)

$$U(DOPAPM۱)= ۱/۶\times AGM۲۴-۰/۴\times C۵T ۱۵+۰/۷\times LOCT-۲/۹ \quad (۴۴)$$
(۵/۸) (-۳/۴) (۴/۲) (-۴/۹)

$$U(DOPAPM۲)=-۰/۹۶\times CPRAD-۰/۳ \times LOCT -۲/۹ \quad (۴۵)$$
(-۲/۱) (-۰/۸) (-۴/۸)

$$U(DOPAPM۳)= ۴/۸\times SPO -۰/۶\times VD-۴/۶ \quad (۴۶)$$
(۱۱/۲) (-۱/۹) (-۶/۴)

$$U(DOPPPM۱)=-۰/۹۲\times AGM۲۴+۴/۳\times SPO+-۰/۰۱\times THO-۴/۰ \quad (۴۷)$$
(-۳) (۱۰/۹) (-۱/۶) (-۵/۹)

$$U(DOPPPM۲)= -۱/۴\times SEX-۰/۹۶\times SONO -۲/۹ \quad (۴۸)$$
(-۲/۳) (-۱/۵) (-۳/۵)

$$U(DOPPPM۳)= ۱/۵\times AGM-۰/۸ \times VD-۲/۵\times INCOME \quad (۴۹)$$
(۴/۴) (-۱/۹) (-۶/۷)

$L(B)=-۳۹۳۴/۱۴$ $L(0)=-۶۶۵۹/۷۶$ $L(C)=-۵۱۴۶/۵۸$ $\rho^2 = ۰/۴۰۹$ $\rho^2_C = ۰/۲۴$

Archive of SID


www.SID.ir

$$U(PMC1PTT1)=2/1\times SPO +2/9 \quad (50)$$
(9/2) (3/9)

$$U(PMC2PTT1)= -0/4\times PAW -1\times INCOME +5/9 \quad (51)$$
(-1/3) (-3/8) (7/7)

$$U(PMC3PTT1)= -1/2\times SPO -3/3\times INCOME +7/6 \quad (52)$$
(-3/0) (-6/3) (8/3)

$$U(PMC1PTT2)= 2/4\times PAS -0/007\times THO+3/7 \quad (53)$$
(14/2) (-2/6) (5/1)

$$U(PMC2PTT2)= -1/2\times PAO -0/002\times THO +5/9 \quad (54)$$
(-6/9) (-1/1) (8/4)

$$U(PMC3PTT2)= 0/6\times PAS -1/0\times VD +4/4 \quad (55)$$
(2/9) (-3/0) (5/9)

$$U(PMC1PTT3)= -0/9\times PAW+0/8\times SPT+4/7 \quad (56)$$
(-7/2) (2/3) (6/0)

$$U(PMC2PTT3)= -0/6\times PAS-0/02\times THO +4/4 \quad (57)$$
(-2/2) (-3/1) (6/0)

$$U(PMC3PTT3)= -1\times PAW-1/5\times INCOME +4/9 \quad (58)$$
(-1/4) (-2/0) (4/6)

$$U(PMC1PTT4)=1/5\times SPO-3/2\times PAW+3/4 \quad (59)$$
(5/3) (-4/2) (5/3)

$$U(PMC2PTT4)= -1/4\times SPT +3/4 \quad (60)$$
(-2/5) (4/0)

$$U(PMC3PTT4)=2/1\times SPO(73) \quad (61)$$
(2/4)

$L(B)=-3714/48$ $L(0)=-5238/18$ $L(C)=-4111/51$ $\rho^2 = 0/291$ $\rho^2_C = 0/097$

### ۵-۲-۳ مدل همزمان انتخاب طریقه زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه

همان‌گونه که قبلاً بیان شد برای انتخاب طریقه زنجیره سفر اولیه و ثانویه سه گزینه وجود دارد، بنابراین برای انتخاب همزمان آنها ۹ گزینه ایجاد می‌شود. در نمونه مورد مطالعه الگوهای همزمان PMC2SMC1 و PMC3SMC2 مشاهده نشده است. در مجموع مطلوبیت‌های مشترک انتخاب وسیله زنجیره‌های سفر اولیه و ثانویه با ۲۱۸ نمونه به شرح زیر است. (روابط ۶۸-۶۲)

## ۷. ارزیابی

برای مقایسه نتایج پیش‌بینی مدلها و مقایسه آنها با مشاهدات علاوه بر شاخص $\rho^2$ که در قسمت قبل ارایه شد، در این بخش از مجذور میانگین مربعات خطاها استفاده می‌شود. جدول ۳ مقدار متوسط خطا برای دو ساختار پیشنهادی را نشان می‌دهد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{(P_i - P_o)^2}{N-1}} \quad (69)$$

**جدول ۳. متوسط خطای مدل‌سازی**

| مدل | ساختار مستقل | ساختار هم‌زمان |
|---|---|---|
| مقدار خطا | ۰/۲۲ | ۰/۲۱ |

همان گونه که دیده می‌شود، این دو نوع مدل از نظر شاخص یادشده تفاوت عمده‌ای با یکدیگر ندارند. در جدول ٤ نیز مقایسه‌ای بین مدلهای پرداخت شده از نظر شاخص $\rho^2$ و $c\rho^2$ صورت گرفته است. چنان که که در جدول ٤ مشاهده می‌شود، در مجموع احتمالات بدست آمده از مدل‌سازی مستقل با ساختار لوجیت چندجمله‌ای عملکرد بهتری نسبت به ساختار دیگر ارایه می‌دهد.

Archive of SID


www.SID.ir

$$U(PMC_1SMC_1)= \underset{(1/1)}{0/65}\times VD \underset{(-1/5)}{-0/01}\times THO+\underset{(4/4)}{2/8}\times CERTI\underset{(-1/2)}{-1/2} \quad (62)$$

$$U(PMC_1SMC_2)=\underset{(-0/8)}{-0/03}\times STHO\underset{(-1/1)}{-1/9} \quad (63)$$

$$U(PMC_1SMC_3)= \underset{(1/5)}{1/3}\times VD +\underset{(2/0)}{1/8}\times CERTI \underset{(-2/5)}{-3/4} \quad (64)$$

$$U(PMC_2SMC_2)= \underset{(-1/0)}{-1/5}\times VD\underset{(-0/6)}{-0/6}\times CERTI \underset{(-0/2)}{-0/3} \quad (65)$$

$$U(PMC_2SMC_3)=\underset{(-0/73)}{-0/03}\times THO\underset{(-1/4)}{-2/1} \quad (66)$$

$$U(PMC_3SMC_1)= \underset{(-0/7)}{-0/007}\times THO+\underset{(0/64)}{0/5}\times CERTI\underset{(-0/6)}{-0/5} \quad (67)$$

$$U(PMC_3SMC_3)=\underset{(-1/1)}{-0/7}\times Income \quad (68)$$

$L(B)=-218/62$ $L(0)=-424/21$ $L(C)=-243/11$ $\rho^2 = 0/485$ $\rho^2_C = 0/101$

**جدول ٤. مقایسه دو ساختار مدل‌سازی**

| | مدل | $\rho^2$ | $\rho^2_C$ |
|---|---|---|---|
| ساختار مستقل | الگوی فعالیت روزانه | ۰/۶۰۹ | ۰/۳۱۹ |
| | انتخاب زمان روز زنجیره سفر اولیه | ۰/۴۶۵ | ۰/۲۲۱ |
| | انتخاب طریقه زنجیره سفر اولیه | ۰/۲۹۳ | ۰/۱۶۱ |
| | انتخاب زمان روز زنجیره سفر ثانویه | ۰/۴۳۸ | ۰/۰۷۳ |
| | انتخاب طریقه زنجیره سفر ثانویه | ۰/۵۵۰ | ۰/۲۷۷ |
| ساختار هم-زمان | انتخاب همزمان الگوی فعالیت روزانه، زمان و طریقه زنجیره سفر اولیه | ۰/۴۰۹ | ۰/۲۴۰ |
| | انتخاب همزمان زمان و طریقه زنجیره سفر اولیه | ۰/۲۹۱ | ۰/۰۹۷ |
| | انتخاب همزمان طریقه زنجیره سفرهای اولیه و ثانویه | ۰/۴۸۵ | ۰/۱۰۱ |

## ۸. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در این مقاله براساس هدف اصلی فعالیتهای روزانه افراد، زمان و طریقه سفر مدلهایی با سه ساختار لوجیت چند جمله‌ای، آشیانه‌ای و هم‌زمان ساخته شد. برای درنظر گرفتن همه فعالیتهای روزانه افراد، مدلهای زمان و طریقه سفر برای فعالیتهای ثانویه نیز برازش داده شد. درنهایت تقاضای سفرهای روزانه افراد براساس زمان و طریقه سفر برای اهداف اولیه و ثانویه برآورد گردید. از آنجا که ساختار مدلها ناهمفزون و رفتاری هستند، می‌توان جزییات زیادی را نتیجه‌گیری کرد، ولی در ادامه به برخی از نتایج مدلهای مستقل ارایه می‌شود که در مجموع مدل بهتری است. نتایج ۱ تا ٦ برمبنای مدلهای الگوی فعالیت روزانه، نتایج ۷ تا ۱۰ برمبنای مدلهای انتخاب زمان فعالیت، و دو مورد آخر برمبنای مدلهای انتخاب وسیله ارایه شده است.

۱- افراد بالای ٢٤ سال تمایل بیشتری به انتخاب الگوهای فعالیت کاری دارند و در طرف مقابل افرادی که الگوهای تحصیلی را انتخاب می‌کنند، در سن زیر ٢٤ سال به سر می‌برند.

۲- با افزایش تعداد اعضای خانواده تمایل به سفر با الگوهایی با چند فعالیت ثانویه افزایش می‌یابد.

۳- نسبت افراد زیر ۱۸ سال به افراد بالای ۱۸ سال نشان می‌دهد که تعداد افراد غیربالغ در ایجاد سفرهای تحصیلی تأثیر مثبت دارد. با افزایش تعداد افراد زیر ۱۸ سال و افزایش احتمال محصل بودن افراد، مطلوبیت الگوهایی که فعالیت اولیه آنها تحصیل است افزایش می‌یابد.

٤- جنسیت فرد نشان می‌دهد که انتخاب الگوهای فعالیت در



Archive of SID
www.SID.ir

میان مردان بیشتر رایج است، درحالی‌که در الگوهای تحصیلی، دختران و زنان تعداد بیشتری دارند. از سوی دیگر فعالیت بیشتر زنان و دختران در زمینه اهداف غیر کاری به‌ویژه خرید تأیید شده است. مردان نیز در سفرهای با اهداف سایر، نظیر مراجعه به پزشک، تفریح و ورزش، دید و بازدید و ... مشارکت دارند، ولی این فعالیتها را در قالب زنجیره سفرهای ثانویه و یا پیچیده کردن زنجیره سفرهای روزانه خود به انجام می‌رسانند.

۵- وجود فرزندان با رده سنی ۵ تا ۱۵ سال موجب پیچیده شدن زنجیره سفرها و نیز ایجاد زنجیره سفرهای ثانویه در سفرهای روزانه خانوار می‌گردد. همچنین فرزندان ۵ تا ۱۵ سال تأثیر زیادی در الگوهای با هدف سایر دارد. وجود فرزند زیر ۵ سال باعث انتخاب زنجیره سفر کاری پیچیده شده است.

٦- افراد خانه‌دار الگوهای فعالیت با هدف سایر را انتخاب می‌نمایند. اهداف سایر در بین زنان از فراوانی بیشتری برخوردار است حال اگرخانه‌دار نیز باشند بر مطلوبیت انتخاب اهداف غیر از کار و تحصیل برای فعالیت روزانه آنها افزوده می‌شود.

۷- بررسی احتمال انتخاب زمان فعالیت اولیه نشان می‌دهد که افرادی که با هدفی غیر از کار و تحصیل از منزل خارج می‌شوند، در دوره زمانی صبح تا صبح و یا بعدازظهر کار خود را انجام می‌دهند.

۸- افرادی که زنجیره سفر اولیه ساده دارند، الگوی زمان صبح تا صبح و ظهر تا عصر را انتخاب نمی‌کنند. در واقع این زمانها بیشتر توسط افرادی انتخاب می‌شوند که زنجیره سفر آنها پیچیده است.

۹- افراد محصل زمان صبح تا ظهر یا صبح تا عصر را برای انجام هدف اولیه فعالیت انتخاب می‌نمایند. اگر فعالیت اولیه فرد، کار باشد مطلوبیت زمان روز صبح تا عصر برای او افزایش می‌یابد.

۱۰- اگر فردی زنجیره سفر ثانویه نداشته باشد مطلوبیت زمان زنجیره سفر اولیه صبح تا عصر برای او بیشتر است و به عبارت دیگر افرادی که زمان صبح تا عصر را برای فعالیت اولیه انتخاب می‌نمایند، غالباً زنجیره سفر ثانویه ندارند.

۱۱- با افزایش نسبت وسایل‌نقلیه به رانندگان در خانواده مطلوبیت استفاده از حمل‌ونقل نیمه‌همگانی کاهش می‌یابد و با افزایش این نسبت، مردم تمایل به استفاده از وسیله نقلیه شخصی دارند. با بالارفتن درآمد فرد مطلوبیت استفاده از وسایل‌نقلیه شخصی افزایش می‌یابد.

۱۲- اگر زنجیره سفر اولیه فرد ساده باشد، تمایل به استفاده از حمل‌ونقل همگانی یا نیمه‌همگانی افزایش می‌یابد. به عبارتی هرگاه فرد زنجیره سفر ساده‌ای با مبدأ- مقصد معین داشته باشد، تمایل دارد که از وسیله شخصی‌اش استفاده نکند.

پژوهش حاضر را می‌توان در چند زمینه دنبال کرد. زمینه اول مربوط به تقویت بخش آمارگیری و پرسشگری است. در تهیه فرمهای پرسشگری موارد تکمیلی ذیل را می‌توان مورد توجه قرار داد:

- فعالیتهای انجام شده توسط هر عضو خانواده با جزئیات زمان شروع و پایان، مدت انجام، موقعیت فعالیت
- زمانهای سفر در مسیر
- طریقه‌های سفر مورد استفاده در طول مسیر به تفکیک تعداد سوار و پیاده شدن، زمان و هزینه هر سفر
- فعالیتهای انجام شده در خانه

زمینه دوم انجام مدلسازی فرآیندتوزیع سفر به روش فعالیت مبنا و بدست آورن ماتریس مبدأ و مقصد است. برای این کار انجام ناحیه‌بندی و داشتن اطلاعات در سطح ناحیه برای همه نمونه‌های مشاهده شده لازم است.

زمینه سوم اعمال راهبردهای مختلف و مقایسه نتایج مشاهده شده با مقادیر پیش‌بینی شده است. تغییراتی مانند زوج و فرد کردن تردد خودروها و یا توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی مانند خطوط BRT ، تغییرات قیمت سوخت و مانند اینها را که غالباً سیاست‌هایی هستند که در سالهای اخیر به اجرا گذاشته شده‌اند، می‌توان با این مدلها پیش‌بینی کرد.

## ۹. مراجع

- سلیمی، فرزام (۱۳۸۸) " برآورد تقاضا در حمل و نقل روستایی به روش فعالیت محور (مطالعه موردی روستاهای دور از مرکز استان فارس)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

Archive of SID



www.SID.ir

– شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران( ۱۳۸٦) "گزارش شماره ٦۹۹: مطالعات ساماندهی سیستم حمل و نقل و ترافیک منطقه سه شهرداری تهران"تهران: شهرداری تهران

– شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران(۱۳۸۷) "گزارش شماره ۹۰۷: گزارش آمارگیری مبدأ- مقصد ساکنین شهر تهران"، تهران: شهرداری تهران

– شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران (۱۳۸٦ ) "گزارش شماره۹۳۰، گزارش کلیات آمارگیری مبدأ- مقصد ساکنین شهر تهران"، تهران، شهرداری تهران

– عراقی، مرتضی (۱۳۸۷) " ارزیابی رویکردهای مدلسازی در طرح جامع حمل و نقل و ترافیک"، هشتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران. ص۲-۱.

– عسگری، حمیدرضا (۱۳۸۸) "برآورد تقاضا در حمل و نقل روستایی به روش فعالیت محور (مطالعه موردی روستاهای نزدیک به مرکز استان فارس)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

– قریشی، مهرآفرید (۱۳۸۲) "طراحی مدل مالکیت وسیله نقلیه شخصی و بررسی تأثیر آن در مدلهای تقاضای سفر (شهر کرمانشاه)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران.

- Arentze, T. A., Ettema, D. and Timmermans, H. J. P. (2011) "Estimating a model of dynamic activity generation based on one-day observations: Method and results", Transportation Research Part B, Vol. 45, pp. 447-460.

- Bhat, C. R. and Koppelman, F. S. (2003) "Activity-based modeling of travel demand", in Handbook of Transportation Science, R. W. Hall (Ed.), Kluwer Academic Publishers.

- Clarke, P. (2008) "Migrating 4-step models to an activity based modelling framework in practice", Proceedings of European Transport Conference 2008, Activity and Land Use Models, 6-8 October, 2008, Leeuwenhorst Conference Centre, The Netherlands.

- Bhat, C. R., Srinivasan, S., and Guo, J. (2001) "Activity-based travel demand modeling for metropolitan areas in Texas: Model component and mathematical formulation", Research Report 4080-2, Center for Transportation Research, , The University of Texas at Austin, Prepared for Texas Department of Transportation, USA.

- Bowman, J. (1998) "The day activity schedules approach to travel demand analysis", Ph.D. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA. 185 pages.

- Bowman, J. (1995) "Activity based travel demand model system with saily activity schedules", Master of Science Thesis in Transportation, Massachusetts Institute of Technology, 92 pages.

- Greene, W. (2011) "Discrete choice modeling", in Mills, T. C., and Patterson, K. D., (Eds.), Palgrave Handbook of Econometrics, Palgrave Macmillan, New York.

- Greene, W. (2007) "Nlogit User's Guide, Econometric Software Inc", Australia.

- Guo, J. Y. and Bhat, C. R. (2001) "Representation and analysis plan and data needs analysis for the activity-travel system", Research Report 0-4080-1, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, USA.

- Hatzopoulou, M. and Miller, E. J. (2010) "Linking an activity-based travel demand model with traffic emission and dispersion models: Transport's contribution to air pollution in Toronto", Transportation Research Part D, Vol. 15, pp. 315-325.

- Jovicic, G. (2001) "Activity based travel demand modeling - A literature study, Danmarks Transporta-Forskning, Denmark.

Archive of SID



www.SID.ir

- Khandker, M., Habib, N., Morency, C. and Trépanier, M. (2012) "Integrating parking behaviour in activity-based travel demand modelling: Investigation of the relationship between parking type choice and activity scheduling process, Transportation Research Part A, Vol. 46, pp. 154-166.

- Kim, H.-K. (2008) "Activity-based travel demand model with time-use and microsimulation incorporating Intra-household Interactions", Ph.D. Dissertation. Department of Civil Engineering, University of California, Irvine, U.S.A.

- Malayath, M. and Verma, A. (2012) "Activity based travel demand models as a tool for evaluating sustainable transportation policies", Research in Transportation Economics, http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.010

- Mazzulla, G. (2009) "An activity-based system of models for student mobility simulation", European Transport Research Review, Vol. 1, No. 4, pp. 163-174.

- Nijland, L., Arentze, T. and Timmermans, H. (2012) "Incorporating planned activities and events in a dynamic multi-day activity agenda generator", Transportation, Vol. 39, No. 4, pp.791-896.

- Ortúzar, J. D. D. and Willumsen, L. G. (2011) "Modelling Transport", John Wiley & Sons, UK.

- Sivakumar, A. and Pinjari, A. (2012) "Recent advances in activity and travel pattern modelling", Transportation, Vol. 39, No. 4, pp.749-754.

Archive of SID



www.SID.ir