

مدل تشکیل زنجیره‌های سفر با استفاده از برنامه‌های فعالیت خانوار

مقاله علمی - پژوهشی

شهریار افندی زاده*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
حوریا احمدی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
حمید میرزاحسین، دانشیار، گروه عمران - برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)،

قزوین، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸

صفحه ۲۴-۱

چکیده

برنامه فعالیت افراد و خصوصیات آن‌ها در مدل‌های حمل‌ونقلی و رفتارهای مربوط به سفر آن‌ها نقش مهمی دارد و در نظر گرفتن افراد به صورت منفرد بدون لحاظ کردن نقش آن‌ها در خانوار و تأثیرات سایر اعضای خانوار بر آن‌ها از دقت و اعتبار مدل‌های حمل‌ونقلی می‌کاهد. لذا در این مقاله دو مدل مجزا ساخته شد که در یکی از آن‌ها فرد در قالب خانوار و در دیگری هر خانوار به عنوان واحد تصمیم‌گیرنده در نظر گرفته شده‌اند. اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از پرسشگری خانوارهای واشنگتن بود. مدل‌ها از نوع لوچیت چندجمله‌ای ساخته شد که الگوی فعالیت روزانه افراد یک بار برای تشکیل زنجیره سفر افراد با استفاده از برنامه فعالیت‌های خانوار و بار دیگر برای سفرهای اشتراکی خانوارها در نظر گرفته شد تا مطلوبیت گزینه‌های انتخابی ممکن برای هر فرد و خانوار محاسبه شده و با سایر گزینه‌ها مقایسه گردد. مدل تشکیل زنجیره سفر با هدف فعالیت "کار، تحصیل، همراهی (اسکورت)، کار شخصی (کار آزاد و کارهای مجازی با گوشی و اینترنت)، خرید، وعده غذایی و اجتماعی/تفریحی" و با متغیرهایی در دسته‌بندی‌های "نوع افراد، گروه سنی، درآمد خانوار، ترکیبات خانواری، جنسیت/فرزند" و مدل دوم یعنی مدل سفرهای اشتراکی با سه نوع الگوی فعالیت "اجباری، غیراجباری و ماندن در خانه" و با در نظر گرفتن تعاملات اعضای خانوار در سه سطح "فردی، دو نفره و سه نفره" ساخته شده و در نهایت تأثیر متغیرها و مشخصه‌های فردی و خانواری در هر یک از این مدل‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و ملاحظه گردید که در مدل‌ها، هر یک از این پارامترها به طرز قابل توجهی بر مطلوبیت‌ها و انتخاب‌های افراد و خانوارها تأثیرگذار هستند. یقیناً این نوع تکرش تعاملی جدید در تعریف نقش خانوار، تأثیر قابل توجهی در واقع‌گرایانه بودن مدل‌ها و در نتیجه پیشرفت و توسعه در مدلسازی و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: الگوی روزانه افراد، برنامه فعالیت خانوار، زنجیره‌ی سفر، سفر اشتراکی، مطلوبیت

۱- مقدمه

پروژه‌های حمل‌ونقلی پیشنهادی نیز باشند. پیش‌بینی تقاضای سفر به مدت طولانی مرکز توجه مهندسان حمل‌ونقل بوده است که در طول سال‌ها، شناخت تجربی قابل توجهی را به‌دست آورده و مجموعه‌ای از مدل‌های تخصصی را که در

سیستم حمل‌ونقل از عوامل مهم اقتصاد شهری است و سیاست‌گذاری‌های حمل‌ونقلی می‌تواند تأثیر زیادی بر توسعه سیستم شهری داشته باشد. پیش‌بینی‌های دقیق تقاضای سفر باید منعکس‌کننده تأثیر تغییر محیط شهری در طول عمر

بر همین اساس تورها و انتخاب‌های سفر، به فعالیت‌های انجام شده، زمان و مکانی که آن فعالیت‌ها انجام می‌شوند و این‌که چگونه افراد به مقصدهای موردنظر خود می‌رسند، مربوط می‌شوند (Rich, Prato and Daly, 2010). همچنین افراد درون خانوارها، در طول روز ممکن است تصمیماتی بگیرند که منتج به فعالیت‌هایی گردد که صرفاً به تنهایی و به صورت شخصی انجام نمی‌شوند مانند سفرهایی با هدف تفریحی و اجتماعی مثل رفتن به سینما یا مرکز خرید و غیره. لذا در نظر گرفتن تعاملات درون خانواری و مدل‌سازی مشارکت افراد در فعالیت‌های اشتراکی درون خانواری حائز اهمیت است. این تصمیمات می‌توانند به دلایل مشارکت در فعالیت‌های مربوط به گذران زندگی، فعالیت‌های اختیاری و پیاده‌سوار کردن اعضای خانوار باشد و بدیهی است که با در نظر گرفتن تعاملات میان اعضای یک خانوار است که می‌توان به درک و پیش‌بینی بهتری از الگوهای سفر افراد دست یافت (Gliebe and Koppelman, 2002; Kapur and Bhat, 2007; Timmermans and Zhang, 2009).

نیاز به بررسی پاسخ‌های رفتاری فردی و پیش‌بینی دقیق تقاضای سفر در بازه‌ی طولانی مدت، با توجه به زمینه‌ی جمعیت‌شناختی که به سرعت در حال تغییر است، منجر به شکل‌گیری رویکرد رفتارگرا برای مدل‌سازی تقاضای سفر شده است (Ferdous et al., 2011). افراد رفتارهای متفاوتی دارند و حتی هنگامی که با وضعیت‌های نسبتاً مشابه برخورد می‌کنند، رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند. ناهماهنگی افراد ناشی از عواملی است که انتخاب تصمیم‌گیرندگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و شامل مواردی از قبیل تفاوت خصوصیات، تفاوت ادراکات و تفاوت در ترجیحات است. در واقع رویکرد فعالیت‌مبنا به دنبال افزایش واقع‌گرایی رفتاری مدل‌ها می‌باشد که با کاهش فاصله بین رفتار واقعی تصمیم‌گیری انسان و فرآیند تصمیم این اتفاق رخ می‌دهد. همچنین محدودیت‌های مدل‌های سفر مبنا شامل این است که (۱) در این مدل‌ها این واقعیت نادیده گرفته می‌شود که تقاضا برای سفر از تقاضا برای مشارکت در فعالیت حاصل می‌شود؛ (۲) این مدل‌ها بر روی سفرهای فردی (یا تورها) متمرکز شده‌اند، بدون آن‌که روابط مکانی و زمانی بین تمام سفرها و فعالیت‌های صورت گرفته توسط یک فرد را در نظر بگیرند؛ (۳) مدل‌های سفر مبنا در پوشش

برنامه‌های مختلف موفق بوده‌اند، ساخته و شکل داده‌اند (Hamad and Obaid, 2022; McFadden, 1974).

از ابتدای تمدن، دوام و موفقیت اقتصادی جوامع تا حد زیادی با بهره‌وری از زیرساخت‌های حمل‌ونقل مشخص شده است. برای تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد برنامه‌ریزی زیرساخت‌های حمل‌ونقل، برنامه‌ریزان و مهندسان باید بتوانند پاسخ تقاضای حمل‌ونقل را به تغییر در ویژگی‌های سیستم حمل‌ونقل و تغییر در ویژگی‌های افرادی که از سیستم حمل‌ونقل استفاده می‌کنند، پیش‌بینی کنند. برای این منظور از مدل‌های تقاضای سفر استفاده می‌شود. به طور خاص، مدل‌های تقاضای سفر برای پیش‌بینی ویژگی‌های سفر و استفاده از خدمات حمل‌ونقل تحت سناریوهای اجتماعی-اقتصادی جایگزین و برای خدمات حمل‌ونقل جایگزین و تنظیمات کاربری اراضی استفاده می‌شود (Bhat and Koppelman, 1999; Nayak and Pandit, 2022).

مدل‌های تقاضا ابزارهای تحلیلی هستند که یک چارچوب سیستماتیک را برای نشان دادن چگونگی تغییرات تقاضای سفر در پاسخ به فرض‌های مختلف ورودی فراهم می‌کنند (Ben-Akiva and Bowman, 1998). به‌طور خلاصه، این مدل‌ها به دو دسته گسترده تقسیم می‌شوند:

-مدل‌های سفر (تور) مبنا، که در آن تور (دنباله‌ای از سفرهای مرتبط به هم که در همان محل شروع به پایان می‌رسد) واحد اصلی تحلیل است (جایگزین سفر فرد به عنوان واحد تحلیل).
-مدل‌های برنامه‌ریزی فعالیت، که در آن برنامه‌الگوهای فعالیت خارج از خانه، با در نظر گرفتن سفرهای (و زنجیره‌های سفر/تور) مورد نیاز برای دسترسی به این فعالیت‌ها که در صورت نیاز شکل می‌گیرد، تولید می‌شود (Miller, Vaughan, King and Austin, 2015).

رویکرد فعالیت‌مبنا برای مدل‌سازی تقاضای سفر شهری، در مقایسه با مدل‌های چهار مرحله‌ای سفرمبنا حساسیت بیشتری نسبت به رفتار و سیاست دارد. مردم سفر می‌کنند تا بتوانند در فعالیت‌های خارج از خانه شرکت کنند؛ از این رو، تصمیمات مربوط به مشارکت در فعالیت است که رفتار بنیادین را تشکیل می‌دهند، نه خود سفر. سفر، مشتق تقاضا است و هدف، زمان‌بندی، مقصد و مد سفر توسط فعالیت تعیین می‌شود (Miller, Vaughan, King and Austin, 2015).

مشابه، مدلی از تعاملات درون خانوار و نحوه اثرگذاری انتخاب افراد بر تصمیمات سایر اعضای خانوار ساخته شده و مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است.

اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق، از پرسشگری‌های خانوارهای شهر واشنگتن می‌باشد. مدل‌های به‌کار گرفته شده نیز مدل لوجیت چندجمله‌ای می‌باشد. ابتدا با توجه به پژوهش‌های پیشین در حیطه‌های مشابه، تمامی متغیرهای تأثیرگذار تعریف و ساخته شدند و سپس با استفاده از مدل لوجیت چندجمله‌ای، تشکیل زنجیره سفر افراد با توجه به برنامه فعالیت خانوار و نیز چگونگی تعامل این افراد در خانوارها مدل‌سازی شده است.

۲- پیشینه تحقیق

نیاز به بازنمایی واقع‌گرایانه رفتار در الگو برداری از تقاضای سفر در ادبیات تأیید شده است. این نیاز بخصوص امروزه بسیار مهم است زیرا تأکیدها بر ارزیابی استراتژی‌های بهبود سرمایه درازمدت مبتنی بر سرمایه‌گذاری برای درک پاسخ‌های رفتاری سفر به تأکید بر مدیریت تراکم کوتاه مدت تغییر یافته‌است؛ سیاست‌هایی مانند برنامه‌های کاری متناوب، ارتباط از راه دور و قیمت‌گذاری سوخت. نتیجه این شد که رویکرد مدل‌سازی سنتی سفرمنا برای تجزیه و تحلیل تقاضای سفر نیاز به جایگزینی با یک رویکرد مدل‌سازی فعالیت‌منا دارد (Bhat and Koppelman, 1999). و از آن‌جا که فعالیت‌های یک فرد ناشی از تصمیمات و انتخاب‌های وی می‌باشد، معمولاً برای مدل‌کردن این انتخاب‌ها و پیش‌بینی آن‌ها از مدل‌های انتخاب گسسته استفاده می‌شود.

مطالعه‌ای توسط برکوویتز و همکاران (۱۹۸۷) انجام گرفت که در آن یک مدل انتخاب سه مرحله‌ای از دارایی‌ها و استفاده از وسایل نقلیه خانوارهای کانادایی برای ایجاد پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت تغییرات در استفاده از وسایل نقلیه خانوارها و مصرف بنزین در پاسخ به طیف وسیعی از سیاست‌های مرتبط با انرژی ارائه شده است و همچنین تأثیر مالکیت خودرو بر سفر خانوار بررسی شده است. نتایج مطالعه آنها نشان داد که میان مالکیت خودرو و تصمیمات وابسته به میزان استفاده از آن در خانوار رابطه معناداری وجود دارد (Berkowitz, Gallini, Miller and Wolfe, 1987). تیمرمانس و همکاران (۱۹۹۲) در مطالعات خود به دنبال تأثیر تعاملات

محدودیت‌های تعریف شده توسط هاگراستند (۱۹۷۰) در ساختار خود ناتوان بودند؛ (۴) آن‌ها یک فرد را به عنوان یک تصمیم‌گیرنده‌ی جدا از محیط خانوار در نظر می‌گیرند (Chu, Cheng and Chen, 2012). جنبه‌های متعددی از تعاملات داخلی خانوار و تصمیم‌گیری گروهی وجود دارد که پیامدهای مهمی برای مدل‌سازی رفتار سفر خواهد داشت. اعضای خانواده وظایف و فعالیت‌ها را در میان یکدیگر تقسیم و توزیع کرده و به طور مشترک در امور مشارکت می‌کنند. یکی از والدین ممکن است فرزند خانواده را به مدرسه برساند، کل خانواده ممکن است یک خرید یا فعالیت تفریحی اجتماعی را با هم انجام دهند یا یک عضو خانواده ممکن است بر روی یک پرونده در خانه کار کند (Bhat and Pendyala, 2005).

متأسفانه پس از گذشت چند دهه از ظهور و پیدایش مدل‌های فعالیت‌منا، پیاده‌سازی مدل‌هایی از این دست در کشور به دلیل پیچیدگی خاص خود و نیز هزینه‌بر بودن، همچنان در انزوا مانده است، خصوصاً مدل‌هایی مانند این پژوهش که افراد نه به صورت واحدهای جداگانه‌ی تصمیم‌گیر، بلکه در قالب خانوار و با لحاظ کردن تأثیر انتخاب‌ها و ویژگی‌های هر یک از افراد خانوار بر هم در نظر گرفته شده است. از طرفی با توجه به اینکه این مدل‌ها متناسب با شهرهای پیشرفته و اطلاعات حاصل از خانوارهای آن شهرها، برآورد و ساخته شده‌اند، لذا مدل‌هایی سازگار با شهرهای بزرگ داخل کشور و مناسب با سبک زندگی و اطلاعات خانواری این شهرها باید ساخته شوند و در این راستا قطعاً مطالعه مدل‌هایی نظیر آنچه که در این پژوهش ساخته شد، کمک شایانی خواهد نمود؛ کماینکه اقتباس از همین مدل‌ها و ایجاد تغییرات و همگام‌سازی آن‌ها مطابق با اطلاعات خانوارها در شهرهای داخلی قدم مؤثری در این راستا خواهد بود. همچنین ساخت و ورود اهدافی چون سفر اسکورت که اصولاً ماهیتی تعاملی دارد، بررسی و طبقه‌بندی افراد در قالب‌ها و گروه‌های مختلف خصوصیتی و یا ساخت متغیرها در سطوح مختلف دو و سه نفره و در نظر گرفتن خانوار به عنوان واحد تصمیم‌گیرنده خود از نوآوری‌های پژوهش حاضر می‌باشد.

هدف از این پژوهش تحلیل الگوی زنجیره سفر افراد خانوار با توجه به برنامه فعالیت آن‌ها در طول روز بوده است تا بتوان در یک جامعه برآوردی از الگوی سفر افراد در قالب خانوار داشت. همچنین در این تحقیق با استفاده از اطلاعات

می‌کند. این مدل مبتنی بر عامل است که در آن هم خانوارها و هم افراد در یک چارچوب شبیه‌سازی خرد مدل‌سازی می‌شوند. همچنین تصمیمات با استفاده از یک چارچوب مطلوبیت تصادفی مدل‌سازی می‌شوند. توابع مطلوبیت برای بررسی ترجیحات بین عوامل و ایجاد تعاملات بین تقاضاها استفاده می‌شود. این مدل فعالیت‌منا و مبتنی بر زنجیره سفر است که برای ادغام در یک میکرو شبیه‌ساز زمان‌بندی فعالیت خانوار طراحی شده است. آنها امکان وجود سواری اشتراکی را از جهت مطلوبیت خانوار بررسی نمودند و نشان دادند که کدام یک از افراد خانوار در استفاده از خودروی خانوار از اولویت بالاتری برخوردارند (Miller, Roorda and Carrasco, 2005). رودا و همکاران (۲۰۰۶) مطالعه‌ای با هدف تعیین ترکیب تعاملات درون خانوار در مدل انتخاب مد با الگوریتم ژنتیک برای تخمین پارامتر انجام دادند. در این تحقیق، مدل انتخاب مد مبتنی بر تور برای منطقه بزرگ تورنتو، تعاملات بین فردی در خانوار را در یک چارچوب مدل‌سازی سودمند تصادفی مبتنی بر عامل گنجانده است. تعاملات خانوار شامل تخصیص وسیله نقلیه، اشتراک راندن برای فعالیت‌های مشترک، و رساندن و پیاده کردن است. نتایج نشان داده است که پارامترهای حداکثر درستی این مدل را می‌توان با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی مونت کارلو برای محاسبات حداکثر درستی تخمین زد و اینکه یک الگوریتم ژنتیک می‌تواند با موفقیت برای جستجوی کارآمد فضای پارامتر با زمان اجرای مدل قابل قبول استفاده شود (Roorda, Miller and Kruchten, 2006). در مطالعه کاتو و ماتسوموتو (۲۰۰۹) تعاملات درون خانوار در یک روز کاری و یک روز غیرکاری بین شهرهای توکیو و توپامای ژاپن مورد بررسی قرار گرفت و مدل به کار گرفته شده، مدل تخصیص زمان مشترک از نوع توپیت بوده است. نتایج این پژوهش نشان داد که تعاملات درون خانواری در سطوح مختلف لزوماً در دو شهر مورد بررسی یکسان نبوده و عوامل مختلفی چون شغل مرد در خانوار و روزهای غیرکاری وی در هفته، شغل و سن زن در خانوار و جنسیت فرزند، در سطح رفاه و آسایش خانوار نقش حائز اهمیتی دارند (Kato and Matsumoto, 2009).

گوپتا و ووشا (۲۰۱۳) به بررسی هماهنگی انتخاب زمان رسیدن و عزیمت برای زنجیره‌های کاری بین دو فرد شاغل از یک خانوار در سانفرانسیسکو پرداختند. در این مطالعه فرض

خانوار و تسهیلات حمل‌ونقلی بر انتخاب محل سکونت بودند و از اطلاعات مربوط به شهر هلند و خانوارهایی با دو فرد شاغل استفاده کردند و در نهایت با بهره‌گیری از روش ادغام سلسله مراتبی دریافتند این تأثیر جزئی بوده است (Timmermans, Borgers, van Dijk and Oppewal, 1992).

از منظر تخصیص وظایف در خانوار، مطالعه‌ی صورت گرفته توسط بکر در سال ۱۹۶۵ از پژوهش‌های بینادی به حساب می‌آید. پژوهش وی درباره فعالیت‌های غیرکاری در خانوارها بود که در آن هر خانوار به صورت یک فرد در نظر گرفته شد و به همین دلیل نقدهای زیادی را برانگیخت چون در واقع به این ترتیب تعاملات درون خانواری در نظر گرفته نمی‌شد. همین مسئله نقطه‌ی آغازی برای توسعه مدل‌های دیگری در این زمینه شد (Becker, 1965). ژانگ و همکاران (۲۰۰۲) و (۲۰۰۵) در مطالعات خود درصد رفع مشکل در پژوهش بکر برآمده و با توسعه‌ی مدل‌های تخصیص زمانی، تصمیمات خانوار را در تابع مطلوبیت به صورت گروهی لحاظ نمودند. در این مدل‌ها محدودیت زمانی نسبت به هر فرد درون خانوار در نظر گرفته شد. در نتیجه‌ی این مطالعه که اثر زمان سفر را در نظر گرفته بود، افزایش قابل توجه صحت مدل بود. همچنین مشخص شد که نقش پدر در نیمی از خانوارها بیشترین اثر را در تخصیص زمان داشته است (Zhang, Timmermans and Borgers, 2002; Zhang, Timmermans and Borgers, 2005).

سرنیواسان و بات (۲۰۰۵) در پژوهشی به دنبال ویژگی‌هایی از خانوار بودند که در ایجاد سفرهایی با هدف نگهداری داخلی و خارج از خانه تأثیرگذارند. آن‌ها مدل رگرسیون به ظاهر نامرتبط^۳ را برای مدل‌سازی فعالیت‌های داخلی خانه و مدل لوجیت ترکیبی را برای مدل‌سازی فعالیت‌های خارج از خانه به کار گرفته و آن‌ها را با استفاده از اطلاعات خانوارهای سانفرانسیسکو ساختند. نتایج نشان داد که زنان غیرشاغل در فعالیت‌های نگهداری مشارکت و نقش پررنگ‌تری داشته و این یعنی متغیر جنسیت نقش بسزایی در میزان مشارکت در این گونه فعالیت‌ها دارد. همچنین مشخص گردید که در ایجاد این فعالیت‌ها در خارج از خانه، عامل دسترسی به وسیله نقلیه نیز تأثیرگذار است (Srinivasan and Bhat, 2005). میلر و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهش خود یک مدل انتخاب مد مبتنی بر تور جدید در تورنتو را ارایه

چن و آکار (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های بررسی سفر خانوار در سال ۲۰۱۲ برای منطقه شهری کلیولند، ارتباط بین رفتار سفر را با استفاده از زنجیره سفر و سفر مشترک به عنوان متغیرهای میانجی مسافت سفر و کنترل جمعیت‌شناسی اجتماعی و شکل شهری بررسی کردند. زنجیره سفر و سفر مشترک به ترتیب پیچیدگی تورها و تعاملات درون خانوار را نشان می‌دهند و جمعیت‌شناسی اجتماعی نشان دهنده ویژگی‌های شخصی و خانوادگی است. مدل معادلات ساختاری برای بررسی روابط متقابل بین این متغیرها استفاده شد. نتایج مدل نشان می‌دهد که اثرات قابل توجهی با علائم مورد انتظار در بین رفتار سفر وجود دارد. همچنین زنجیره سفر با سفر مشترک ارتباط منفی و با مسافت سفر ارتباط مثبتی دارد و سفر مشترک تأثیرات منفی بر مسافت سفر دارد (Chen and Akar, 2017). کارور و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی محیط ساختمانی و ویژگی‌های سفر خانوار به عنوان پیش بینی کننده حمل و نقل فعال (AT) به مدرسه و کل مدت زمان روزانه فعالیت بدنی تجمعی از طریق AT پرداختند. داده‌های نظرسنجی سفر خانوار از ۷۱۳ خانوار با کودکان ۵ تا ۱۲ ساله در ملبورن استرالیا طی ۲۰۱۲-۲۰۱۶ تهیه شد. تحلیل رگرسیون چند متغیره اصلاح شده پواسون، متغیرهای محیط ساختمانی (فاصله تا مدرسه، پیاده‌روی، ترافیک) و رفتارهای سفر خانوار (زنجیره سفر کودکان و بزرگسالان، همراهی بزرگسالان تا مدرسه) را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که AT به مدرسه ارتباط مثبتی با قابلیت پیاده‌روی بیشتر در اطراف خانه و مدرسه، سفر مستقیم (نه زنجیره سفر) و محل سکونت در نزدیکی مدرسه داشت و با همراهی بزرگسالان و مسافت طولانی‌تر ارتباط منفی داشت (Carver et al., 2019). اشنایدر و همکاران (۲۰۲۱) رابطه بین پیچیدگی زنجیره سفر و رفتار سفر روزانه مسافران مورد بررسی قرار دادند. با استفاده از داده‌های هلند، یک تحلیل خوشه‌ای کلاس پنهان برای گروه‌بندی افراد با رفتار انتخاب حالت مشابه در کلاس‌های الگوی تحرک مجزا انجام شد و سپس تفاوت در توزیع پیچیدگی زنجیره سفر بین حالت‌های سفر و بین کلاس‌های الگوی تحرک تحلیل شد. نتایج نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجهی بین حالت‌های سفر، به‌ویژه بین زنجیره‌های سفر چندوجهی و تک‌وجهی و همچنین بین حالت‌های سفر یک‌وجهی، خودرو، دوچرخه، پیاده‌روی و زنجیره‌های سفر

بر این بود که افراد شاغل درون خانوار، زنجیره‌های مربوط به رفت و آمدشان را به صورت مشترک زمان‌بندی می‌کنند تا به استثنای زنجیره‌های کاری، زنجیره‌ها و فعالیت‌های مشترکشان همپوشانی داشته باشند. مدل به کار گرفته شده در این پژوهش، مدل انتخاب گسسته مرکب برای برآورد تعاملاتی بوده که در ارتباط با زمان‌بندی زنجیره‌های کاری در خانوار بوده است. نتایج نشان داد در خانوارهایی که چندین فرد شاغل وجود دارند، افراد شاغل سعی بر این دارند که زمان رسیدنشان به خانه یا عزیمتشان از آن، همزمان با سایر افراد باشد تا وقت بیشتری را در کنار سایر اعضای خانواده داشته باشند (Gupta and Vovsha, 2013). هو و مولی (۲۰۱۵) در مطالعات خود بر روی یک دیتای شهر سیدنی به بررسی تأثیر سفرهای اشتراکی خانوار بر انتخاب وسیله نقلیه پرداختند. در نهایت دریافتند که بنا به دلایلی چون پیچیده بودن زنجیره سفر و نیز اشتراکی بودن بخشی از آن‌ها، ترجیح افراد به استفاده از وسیله نقلیه شخصی بوده و این موضوع مانع از افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی بوده است. در این پژوهش هر زنجیره‌ی سفر از بخش‌های مختلفی تشکیل می‌شد که هر کدام از آن بخش‌ها اهداف مختلفی چون اهداف کاری، تحصیلی، تفریحی و غیره داشتند. همچنین نشان داده شد که در سفرهای اشتراکی با کاهش قیمت کرایه در حمل‌ونقل همگانی، تغییر وسیله نقلیه از وسیله نقلیه شخصی به وسیله نقلیه همگانی تفاوت قابل توجهی با سفرهای غیراشتراکی دارد (Ho and Mulley, 2015). مطالعه رحمتی و صمیمی (۲۰۱۶) در خصوص رساندن/برگرداندن فرزندان دانش‌آموز در خانوار به/از مدرسه توسط پدر و مادرهای شاغل بوده است. در این پژوهش از مدل‌های لوجیت آشیانه‌ای و چندجمله‌ای و دیتای مربوط به خانوارهای شیکاگو استفاده شده است. همچنین از یک مدل در سطح خانوار برای پیش‌بینی الگوهای اسکورت انتخابی در خانوار و از یک مدل دیگر در سطح انفرادی برای هر یک از پدر یا مادران درون خانوار استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل در سطح انفرادی در مقایسه با مدل در سطح خانواری دقتی معادل ۲۰ درصد کمتر داشت و همچنین مادران در سفرهای اسکورت یا همان همراهی، نقش بیشتری داشته و برنامه زمانی و وضعیت اشتغال و نیز محل کار آن‌ها بر این دست از سفرها تأثیر مستقیم دارد (Rahmati and Samimi, 2016).

پردازش داده‌ها و اعمال شروط مدل در نهایت تعداد ۲۴۱۱۴ نفر در مدل‌سازی وارد شدند. هر دو مدل در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار RStudio و با استفاده از بسته Apollo صورت گرفته است. در شکل ۱ گام‌های این مطالعه ارایه شده است.

۳-۱- مدل‌های انتخاب گسسته

افراد در مورد فعالیت‌های مختلفی که باید در طول روز دنبال کنند، انتخاب‌هایی دارند. موارد انتخاب فردی ممکن است نتایج گسسته (مانند حالت یا مد یک تور) یا نتایج پیوسته (مانند مدت زمان یک تور) داشته باشد. یک رویکرد ساده، انتخاب گزینه جایگزین با بالاترین مطلوبیت برای هر یک از اجزای مدل با نتایج گسسته است که مطابق با تئوری حداکثر مطلوبیت خواهد بود (Siffringer, Lurkin and Alahi, 2020).

اساس مدل‌های فعالیت‌مبنای انتخاب گسسته بر مبنای تئوری مطلوبیت تصادفی است. آن‌ها در درجه اول، نمایان‌گر گسترش کیفی مدل‌های سفرمبنای انتخاب گسسته هستند. این گسترش شامل پیشرفت‌های در مدل تولید سنتی است که در حال حاضر فعالیت‌ها (سفرها) با اهداف مختلف در آنچه که "الگوی فعالیت" نامیده می‌شود، ترکیب شده‌اند. در مرحله دوم، مدل‌های فعالیت‌مبنای انتخاب گسسته، با در نظر داشتن محدودیت‌های موجود، زنجیره‌ای از سفرها را در یک الگوی فعالیت روزانه شکل می‌دهند. تابع کلی مطلوبیت به صورت زیر نمایش داده می‌شود (Västberg, Karlström, Jonsson and Sundberg, 2020):

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

$$V_{in} = \beta X_{in} \quad (2)$$

که در آن، V_{in} بیانگر مشخصه‌های فردی و اقتصادی-اجتماعی فرد تصمیم‌گیرنده است، β نمایانگر ضرایب مدل است که در واقع خروجی و هدف مدل، استخراج آن‌هاست، X_{in} نماینده‌ی متغیرهای توصیفی به کار رفته در مدل است که بر تابع مطلوبیت تأثیرگذار می‌باشند و ε_{in} میزان خطای مدل را نشان می‌دهد.

حمل و نقل عمومی است. همچنین هیچ تفاوت اساسی در پیچیدگی زنجیره سفر بین کلاس‌های الگوی تحرک یافت نشد (Schneider et al., 2021). یسن و لورنت (۲۰۲۲) مطالعه‌ای جهت ارزیابی الگوهای چندوجهی تحرک فردی و روابط آن‌ها با ویژگی‌های اجتماعی-جمعیت‌شناختی و پیچیدگی‌های سفر بر اساس نظرسنجی سفر خانوار در ۲۰۱۸ در منطقه پاریس انجام دادند. برای شناسایی الگوهای چندوجهی، یک تحلیل آماری دو مرحله‌ای انجام شد. در مرحله اول (در سطح سفر)، پانزده نوع سفر بسته به دسته‌های حالت‌های سفر و طول سفر، مدت و زمان حرکت مشخص شدند و در مرحله دوم (در سطح روز)، افراد با مشخصات تحرک آنها مشخص شدند. بر اساس مشخصات، شش خوشه، یعنی شش الگوی تحرک روزانه، به دست آمد. نتایج نشان دادند که الگوهای تحرک به دست آمده همراه با ویژگی‌های خاص مالکیت خودرو و اشتراک حمل و نقل بود اما همبستگی‌های اجتماعی و جمعیت‌شناختی به خوشه‌ها متمایز بود. همچنین الگوهای تحرک روزانه یک همبستگی نامطلوب بین پیچیدگی سفر و پیچیدگی زنجیره سفر را نشان داد (Yin and Leurent, 2022).

۳- روش شناسی

در این پژوهش هم الگوی سفر افراد در قالب خانوار و تشکیل زنجیره سفر آن‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است، هم تعاملات درون خانواری افراد مدل‌سازی شده است. در مدل‌سازی الگوی تشکیل زنجیره سفر افراد از مدل DAYSIM استفاده شده است که ساختار پایه‌ای آن و نیز مدلی که برای تحلیل تعاملات درون خانواری در این پژوهش استفاده شده است، هر دو از نوع مدل‌های انتخاب گسسته و لوجیت چندجمله‌ای می‌باشند. در این پژوهش دو مدل ساخته شد که هر دو با استفاده از اطلاعات حاصل از پرسشگری‌های خانواری صورت گرفته از شهر واشنگتن در سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ می‌باشد. در این اطلاعات، سفرها و فعالیت‌های خارج از خانه برای افراد ثبت شده است و گزینه‌ی در خانه ماندن معادل هدف سفر صفر در نظر گرفته شده است. در نهایت پس از



شکل ۱. مراحل کلی پژوهش

۳-۲- مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای

این مدل فرض می‌شود که ترم‌های خطا برای تمامی گزینه‌ها از توزیع گامبل پیروی کرده و دارای توزیع مستقل و یکسانی است. با این فرض، مدل لوجیت بصورت معادله ۳ خواهد بود (Wang and Ross, 2018):

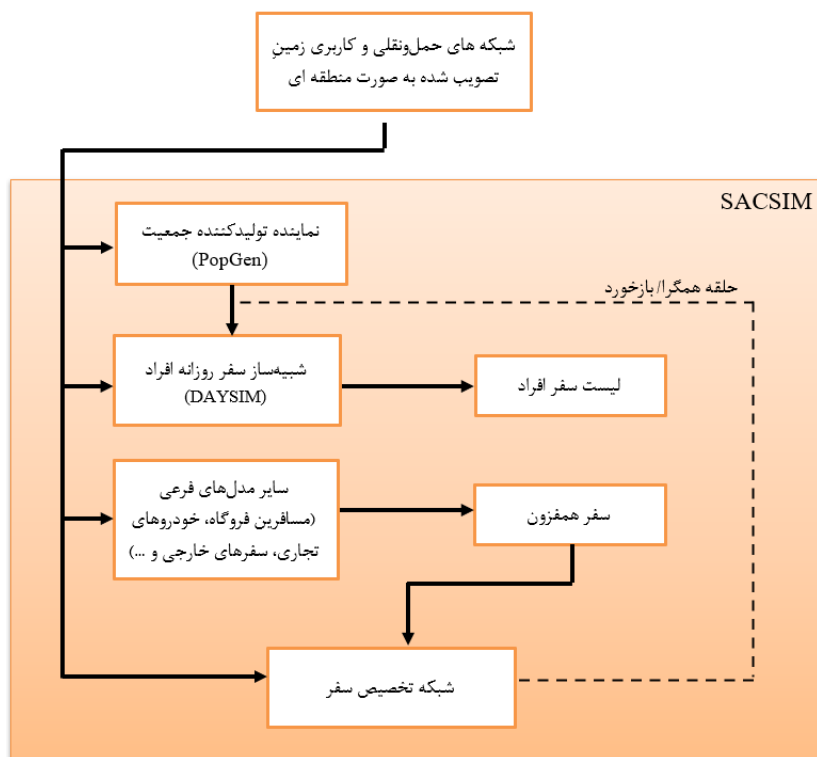
$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_j e^{V_{jn}}} \quad (3)$$

مدل لوجیت چندجمله‌ای ساده‌ترین و در عین حال، پرکاربرترین مدل انتخاب گسسته است. محبوبیت این مدل به دلیل ارائه فرم بسته برای بیان انتخاب گزینه‌ها و سادگی قابلیت تفسیر آن است. از مدل لوجیت چندجمله‌ای معمولاً برای مدل کردن نتایج انتخاب هنگامی که گزینه‌ها گسسته و بدون همبستگی باشند استفاده می‌گردد. در بدست آوردن فرم

۳-۳- مدل شبیه‌ساز سفر فعالیت‌مبنای ساکرامنتو

شورای دولتی منطقه ساکرامنتو^۴ به عنوان نماینده سازمان برنامه‌ریزی شهری^۵ برای این منطقه، وظیفه اصلی توسعه و نگهداری روش‌ها و مدل‌های پیش‌بینی تقاضای سفر را برای این منطقه به عهده دارد. این مدل‌ها توسط این شورا برای تحلیل‌های سیاست‌گذاری در مورد کاربری زمین و برنامه‌های حمل‌ونقلی در مقیاس منطقه‌ای و نیز برای تحلیل تأثیرات متغیرهای خارجی مانند قیمت سوخت و تغییرات آماری (مانند پیری جمعیت) استفاده شد. این مدل اکنون توسعه یافته است و در تحلیل‌های کاربری زمین و حمل‌ونقل منطقه‌ای به کار گرفته شده و مدل شبیه‌ساز سفر فعالیت‌مبنای ساکرامنتو (SACSIM) نامیده می‌شود (Bradley, Bowman and Griesenbeck, 2010).

SACSIM یک مدل روزهای نوعی هفته است که تقاضاهای سفر را برای یک روز مشخص هفته نشان می‌دهد. این روزهای مشخص، روزهای وسط هفته در فصل بهار یا اوایل پاییز می‌باشند. دلیل انتخاب این روزها این است که روزهای دیگر غالباً توسط تعطیلات یا فعالیت‌ها و وقایع اول یا آخر هفته تحت تأثیر قرار می‌گیرند. علت انتخاب ماه‌های فصل پاییز یا بهار این است که دوره تحصیلی به‌طور نرمال در جریان است، آب‌وهوا فعالیت‌ها یا سفرهای مردم را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد و درصد کمی از شاغلین در تعطیلات به‌سر می‌برند (Bradley, Bowman and Griesenbeck, 2007). سیستم کلی مدل SACSIM در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. سیستم مدل SACSIM

امور اجتماعی/تفریحی و اهداف غیرکاری دیگر است. DAYSIM مجموعه‌ای از مدل‌های انتخاب بلندمدت را در بالاترین سطح و مجموعه بزرگتری از مدل‌های انتخاب کوتاه‌مدت را در سطوح پایین‌تر شامل می‌شود (Bowman and Bradley, 2006).

DAYSIM یک شبیه‌ساز سفر و فعالیت فرد در طول روز است که تنها مؤلفه فعالیت‌مبنای تور در SACSIM است. DAYSIM همگی سفرهای ساکنین منطقه را در خود منطقه می‌شمارد. شبیه‌سازی در سطح فردی است. بنابراین، خروجی اصلی DAYSIM مربوط به سفر فردی به محل کار، مدرسه،

۳-۴- مدل سفرهای اشتراکی

در این بخش برخی اصطلاحات پایه و کاربردی درخصوص سفرهای اشتراکی و مدل مربوطه شرح داده شده است.

-**الگوی فعالیت روزانه فرد (DAP):** الگوی فعالیت روزانه افراد بر ۳ نوع است:

-**اجباری (M):** الگوی فعالیت زمانی اجباری نامیده می‌شود که فرد در طول روز حداقل یک سفر به مدرسه، دانشگاه یا محل کار داشته باشد (حداقل یکی از آنها).

-**غیراجباری (NM):** برای اینکه یک الگوی سفر غیراجباری باشد، باید دو شرط در مورد آن صادق باشد؛ اول اینکه فعالیت خارج از خانه باشد (که درواقع با پیش‌فرض موجود مبنی بر اینکه الگوی سفر برای فعالیت‌های خارج از خانه منظور شده و گزینه در خانه ماندن معادل با هدف سفر صفر است، این شرط خودبه‌خود صادق خواهد بود)، دوماً فعالیت انجام شده جزو سه دسته سفر مربوط به الگوی اجباری (مدرسه، دانشگاه، محل کار) نباشد.

-**ماندن در خانه (H):** این الگوی فعالیت مربوط به زمانی است که فرد هیچ‌گونه فعالیت خارج از خانه‌ای نداشته و در تمام طول روز در خانه مانده باشد.

بنابراین در طی یک روز برای هر فرد، امکان انتخاب یکی از سه نوع الگوی فعالیت وجود دارد.

-**اشتراکی بودن:** اشتراکی بودن الگوی فعالیت روزانه زمانی اتفاق خواهد افتاد که در یک خانوار، الگوی فعالیت روزانه حداقل دو نفر از اعضای آن خانوار را شامل شود.

-**الگوی فعالیت روزانه مشترک یا جمعی:** همان‌طور که ذکر شد ترکیبی از سه الگوی فوق (اجباری، غیراجباری و در خانه ماندن) الگوهای روزانه خانوار را شکل می‌دهند که متشکل از الگوهای فعالیت افراد خانوار بوده و درواقع همین الگوها هستند که در قالب یک گزینه‌ی انتخاب افراد آن خانوار خواهد بود.

۳-۴-۱- اطلاعات مربوط به خانوارها

دیتای واشنگتن شامل تعداد ۱۱۴۳۶ خانوار و ۲۵۱۷۹ فرد است و اندازه این خانوارها از یک تا ۸ نفر می‌باشد که البته همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، به دلیل ناچیز بودن تعداد (کوچک بودن درصد فراوانی) خانوارهای با اندازه ۵ به

بالا و نیز جلوگیری از پیچیدگی محاسبات، از ورود نفر پنجم به بعد برای این خانوارها در مدل صرف‌نظر شده است.

جدول ۱. گروه‌بندی خانوارها بر اساس بعد خانوار

نوع خانوار	درصد فراوانی
یک نفره	۳۳,۰۶
دو نفره	۳۷
سه نفره	۱۳,۵۹
چهار نفره	۱۱,۰۵
پنج نفره	۴
شش نفره تا هشت نفره	۱,۳

۳-۴-۲- گروه‌های سنی مختلف افراد

در دیتای واشنگتن، سن هر فرد در ستون مربوط به این متغیر مشخص شده است ولی برای ساخت مدل، افراد می‌بایست بر اساس گروه‌های سنی مختلفی که در جدول ۲ نشان داده شده است، دسته‌بندی می‌شدند.

جدول ۲. انواع دسته‌بندی سنی افراد

متغیر ساختگی گروه سنی	بازه سنی	درصد فراوانی
گروه سنی ۰	۰-۴	۵,۷۵
گروه سنی ۱	۵-۱۵	۱۲,۴۵
گروه سنی ۲	۱۶-۱۹	۳,۷۸
گروه سنی ۳	۲۰-۲۹	۸,۳۱
گروه سنی ۴	۳۰-۳۹	۱۳,۰۲
گروه سنی ۵	۴۰-۴۹	۱۶,۰۸
گروه سنی ۶	۵۰+	۴۰,۶۱

۳-۴-۳- گروه‌های شغلی مختلف افراد

همانند متغیر سن، برای مشاغل نیز گروه‌های شغلی مشخصی تعریف شدند و به این ترتیب گروه شغلی هر فرد مشخص شد. این دسته‌بندی و نیز درصد فراوانی افراد در هر یک از این گروه‌ها در جدول ۳ قابل مشاهده است.

۳-۴-۴- گروه‌های مختلف فردی

در این پژوهش دسته‌بندی دیگری برای افراد انجام شد که به شرح زیر است:

۱. کارمند (دارای شغل دولتی، خصوصی یا نظامی)
۲. آزاد (مثلاً راننده، مغازه‌دار و ...)

۳. خانه‌دار
 ۴. دانشجو
 ۵. بزرگسال بیکار
 ۶. دانش‌آموز
 ۷. کودک پیش از دبستان (کودکان زیر ۵ سال)
- ۳-۴-۵- گروه‌های مختلف دوتفره
 از آن‌جا که در این پژوهش بررسی در سه سطح فردی و ترکیبات دوتفره و سه نفره انجام شده است، بنابراین باید متغیرهای مربوط به هر یک از این حالات را نیز تشکیل داد. این ترکیبات در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۳. گروه‌بندی شغلی افراد

متغیر ساختگی شغل	هدف شغل	شغل	درصد فراوانی
گروه شغلی ۰	مشاغل دولتی	استاد، فرهنگی، روحانی، پزشک، پرستار، کارمند دولتی، خصوصی، نظامی	۵۴,۹۹
گروه شغلی ۱	تحصیلی	دانش آموز، دانشجو	۳,۳۰
گروه شغلی ۲	خانه‌داری	خانه دار	۴,۴۱
گروه شغلی ۳	مشاغل آزاد	مغازه‌دار، فروشنده، راننده، مسافرکش، کارگر، استادکار، کشاورز	۱۸,۲۱
گروه شغلی ۴	بیکار	بازنشسته، بیکار، خردسال، سایر	۱۹,۰۹

جدول ۴. انواع ترکیبات دوتفره

ترکیبات فرد دانش‌آموز		ترکیبات فرد خانه‌دار	
SP*SP	دانش آموز*دانش آموز	HM*SP	دانش آموز*خانه‌دار
SP*AZ	آزاد*دانش آموز	HM*AZ	آزاد*خانه‌دار
SP*KD	کارمند*دانش آموز	HM*KD	کارمند*خانه‌دار
SP*PS	کودک پیش از دبستان*دانش آموز	HM*PS	کودک پیش از دبستان*خانه‌دار
SP*US	دانشجو*دانش آموز	HM*US	دانشجو*خانه‌دار
SP*NW	بیکار*دانش آموز	HM*NW	بیکار*خانه‌دار
ترکیبات فرد بیکار		ترکیبات فرد کارمند	
NW*NW	بیکار*بیکار	KD*KD	کارمند*کارمند
NW*PS	کودک پیش از دبستان*بیکار	KD*PS	کودک پیش از دبستان*کارمند
NW*US	دانشجو*بیکار	KD*NW	بیکار*کارمند
-----	-----	KD*US	دانشجو*کارمند
ترکیبات فرد دانشجو		ترکیبات فرد شغل آزاد	
US*US	دانشجو*دانشجو	AZ*AZ	آزاد*آزاد
US*PS	کودک پیش از دبستان*دانشجو	AZ*KD	کارمند*آزاد
ترکیبات کودک پیش از دبستان		AZ*US	دانشجو*آزاد
PS*PS	کودک پیش از دبستان*کودک پیش از دبستان	AZ*PS	کودک پیش از دبستان*آزاد
-----	-----	AZ*NW	بیکار*آزاد

جدول ۵. دسته‌بندی افراد از نظر جنسیت بصورت باینری

متغیر ساختگی جنسیت	نوع جنسیت	درصد فراوانی
۰	مرد	۴۶,۷۶
۱	زن	۵۳,۲۴

۳-۴-۶- گروه‌بندی افراد بر اساس جنسیت

در دیتای واشنگتن درصد فراوانی تعداد زنان و مردان مطابق جدول ۵ بوده است.

۳-۴-۷- دسته‌بندی بر اساس مالکیت خودروی خانوار

متغیرهای مربوط به مالکیت خودرو و در دسترس بودن وسیله نقلیه شخصی در انتخاب الگوی سفر روزانه افراد چه در بعد فردی چه در تعامل با سایر افراد خانوار تأثیرگذار است و همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه می‌گردد، غالب خانوارها در واشنگتن دارای وسیله نقلیه می‌باشند.

جدول ۶. مالکیت خودرو خانوار بصورت کلی

نوع خانوار از منظر مالکیت خودرو	تعداد	درصد
خانوار دارای وسیله نقلیه می باشد	۴۰۷۶	۹۲,۷۶
خانوار بدون وسیله نقلیه می باشد	۴۵۹۲	۷,۲۴

۳-۵- الگوی فعالیت روزانه مشاهده شده

این مشاهدات در سه سطح فردی، دو و سه نفره و به شرح زیر می‌باشند.

۳-۵-۱- سطح فردی

در سطح فردی آماری که از مشاهدات استخراج شده مطابق جدول ۷ به دست آمده است، کاملاً با انتظارات تطابق دارد. به عنوان نمونه، کمترین انتخاب مربوط به الگوی اجباری به قشر بیکار، خانه‌دار و خردسال تعلق دارد و در مقابل، بیشترین میزان انتخاب الگوی فعالیت یا سفر اجباری، مربوط

به قشر کارمند، دانش‌آموز و دانشجو می‌باشد که منطقی نیز هست چراکه فعالیت‌های مانند تحصیل و کار در شرکت‌های دولتی و غیردولتی اجباری هستند. از طرفی بیشترین انتخاب الگوی ماندن در خانه، مربوط به افراد بیکار و خانوار است و نیز به دلیل بالا بودن فراوانی آمار مربوط به افراد کارمند، می‌توان استدلال کرد که افراد پیش از دبستان غالباً به مراکز نظیر مهدکودک برده می‌شوند، لذا انتخاب الگوی ماندن در خانه برای آن‌ها درصد بالایی را نشان نمی‌دهد.

۳-۵-۲- در سطح دونفره

از آن‌جا که هر فرد ۳ الگوی اجباری و غیراجباری و ماندن در خانه را می‌تواند انتخاب کند، برای سطح دونفره ۳×۳ حالت وجود دارد. مشاهدات مربوط به هریک از ترکیبات دونفره در جدول ۸ درج شده است. با توجه به این جدول، نتایج متعددی را می‌توان مشاهده کرد، به عنوان نمونه بیشترین میزان الگوی سفر یا فعالیت اشتراکی مربوط به ترکیبات کارمند-دانش‌آموز، کارمند-کارمند و دانش‌آموز-دانش‌آموز است که هر سه مورد از دسته الگوهای اجباری می‌باشند و یا مثلاً ترکیبات فرد خانه‌دار-بیکار و یا خردسال-بیکار هیچ‌گونه الگوی سفر اشتراکی ندارند که منطقی هم هست.

جدول ۷. مشاهدات مربوط به انواع مختلف افراد در سطح انفرادی و الگوی فعالیت روزانه‌شان

نوع فرد	M	M%	N	N%	H	H%	SUM
شغل آزاد-AZ	۴۷۵	۳۷,۷۳	۶۳۱	۵۰,۱۲	۱۵۳	۱۲,۱۵	۱۲۵۹
خانه دار-HM	۲۳	۴,۲	۴۱۲	۷۵,۱۸	۱۱۳	۲۰,۶۲	۵۴۸
دبستان کودک پیش از-PS	۳۹	۵,۸۶	۵۹۱	۸۸,۷۴	۳۶	۵,۴	۶۶۶
کارمند-KD	۱۰۱۲۹	۸۱,۲۶	۱۶۶۰	۱۳,۳۲	۶۷۶	۵,۴۲	۱۲۴۶۵
دانش آموز-SP	۲۶۴۷	۷۲,۰۹	۷۱۲	۱۹,۳۹	۳۱۳	۸,۵۲	۳۶۷۲
بیکار-NW	۱۳۱	۲,۷۶	۳۲۸۲	۶۸,۴	۱۳۸۵	۲۸,۸۷	۴۷۹۸
دانشجو-US	۹۷۶	۷۰,۷۳	۲۸۹	۲۰,۹۴	۱۱۵	۸,۳۳	۱۳۸۰
جمع کل	۱۴۴۲	۵۸,۱۷	۷۵۷۷	۳۰,۵۷	۲۷۹۱	۱۱,۲۶	۲۴۷۸۸

جدول ۸. مشاهدات مربوط به انتخاب الگوی فعالیت روزانه دو نفره افراد

متغیرها	MM	MM%	NN	NN%	HH	HH%	SUM
AZ*AZ	۳۱	۵۱,۶۷	۲۴	۴۰	۵	۸,۳۳	۶۰
AZ*HM	۱	۲۵	۱	۲۵	۲	۵۰	۴
AZ*PS	۲	۴,۵۵	۴۰	۹۰,۹۱	۲	۴,۵۴	۴۴
AZ*KD	۲۴۶	۷۹,۱	۵۲	۱۶,۷۲	۱۳	۴,۱۸	۳۱۱
AZ*SP	۱۴۸	۶۸,۸۴	۵۶	۲۶,۰۵	۱۱	۵,۱۲	۲۱۵
AZ*NW	۱	۱,۲۵	۶۳	۷۸,۷۵	۱۶	۲۰	۸۰
AZ*US	۳۳	۷۶,۷۴	۷	۱۶,۲۸	۳	۶,۹۸	۴۳
HM*PS	۳۱	۲۱,۹۹	۱۰۶	۷۵,۱۸	۴	۲,۸۴	۱۴۱
HM*KD	۲۱	۱۵,۴۴	۸۸	۶۴,۷۱	۲۷	۱۹,۸۵	۱۳۶
HM*SP	۱۸	۲,۹۴	۵۴۴	۸۸,۷۴	۵۱	۸,۳۲	۶۱۳
HM*NW	۰	۰	۶۹	۷۰,۴۱	۲۹	۲۹,۵۹	۹۸
HM*US	۲	۱۴,۲۹	۱۰	۷۱,۴۳	۲	۱۴,۲۹	۴۱۶
PS*PS	۱	۱,۲	۸۰	۹۶,۳۹	۲	۲,۴۱	۸۳
US*KD	۷۱۲	۹۰,۴۷	۵۲	۶,۶۱	۲۳	۲,۹۲	۷۸۷
PS*SP	۱۸	۱۹,۳۶	۵۹	۶۳,۴۴	۱۶	۱۷,۲	۹۳
PS*NW	۰	۰	۲۹	۹۰,۶۳	۳	۹,۳۷	۳۲
KD*KD	۳۰۴۰	۹۳,۶۵	۱۴۰	۴,۳۱	۶۶	۲,۰۳	۳۲۴۶
KD*SP	۳۲۳۹	۸۹,۷۲	۲۷۸	۷,۷	۹۳	۲,۵۸	۳۶۱۰
KD*NW	۱۷	۵,۹۹	۱۸۱	۶۳,۷۳	۸۶	۳۰,۲۸	۲۸۴
KD*PS	۴۸	۲۱,۹۲	۱۵۲	۶۹,۴۱	۱۹	۸,۶۸	۲۱۹
SP*SP	۱۰۴۶	۷۶,۸۶	۲۲۹	۱۶,۸۳	۸۶	۶,۳۲	۱۳۶۱
SP*NW	۹	۷,۷۶	۶۶	۵۶,۹	۴۱	۳۵,۳۵	۱۱۶
SP*US	۲۵۹	۸۰,۶۹	۴۳	۱۳,۴	۱۹	۵,۹۲	۳۲۱
NW*NW	۷	۰,۸۳	۶۳۰	۷۴,۹۱	۲۰۴	۲۴,۲۶	۸۴۱
NW*US	۲	۳,۲۸	۴۲	۶۸,۸۵	۱۷	۲۷,۸۷	۶۱
US*US	۸۴	۸۰	۱۸	۱۷,۱۴	۳	۲,۸۶	۱۰۵
SUM	۹۰۱۶	۶۷,۶۹	۳۰۵۹	۲۲,۹۷	۸۴۳	۶,۳۴	۱۳۳۲۰

۳-۵-۳- در سطح سه نفره

جدول ۹ میزان انتخاب الگوی اشتراکی توسط ترکیبات مختلفی سه نفره در خانوار را نمایش می‌دهد و همانطور که اشاره شد مشاهدات مندرج در آن مربوط به خانوارهای سه نفره و بیشتر می‌باشد. در این جدول ملاحظه می‌گردد ترکیبات

آزاد-آزاد-آزاد هیچ‌گونه انتخاب الگوی مشترکی اعم از اجباری و غیراجباری و در خانه ماندن ندارند. برای ترکیباتی نظیر کارمند-کارمند-کارمند و کارمند-کارمند-دانش‌آموز/دانشجو کمترین سهم مربوط به الگوی در خانه ماندن است که منطقی می‌باشد.

جدول ۹. مشاهدات مربوط به انتخاب الگوی فعالیت روزانه سه نفره

SUM	HHH%	HHH	NNN%	NNN	MMM%	MMM	Triple
۳۵۷	۱,۱۲	۴	۱,۴	۵	۹۷,۴۸	۳۴۸	KD_KD_KD
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	AZ_AZ_AZ
۳	۰	۰	۱۰۰	۳	۰	۰	AZ_AZ_PS_NW
۱۹۲	۱۱,۴۶	۲۲	۱۹,۲۷	۳۷	۶۹,۲۷	۱۳۳	KD_KD_PS_NW
۱۴۰۲	۱,۰۷	۱۵	۲,۹۲	۴۱	۹۶,۰۱	۱۳۴۶	KD_KD_SP.US
۱۸	۰	۰	۵,۵۶	۱	۹۴,۴۴	۱۷	AZ_AZ_SP.US
۲۲	۱۸,۱۸	۴	۴۰,۹۱	۹	۴۰,۹۱	۹	AZ_NW_PS_SP.US
۴۰۲	۹,۹۵	۴۰	۲۴,۱۳	۹۷	۴۵,۹۲	۲۶۵	KD_NW_PS_SP.US
۱۹۵	۲۷,۶۹	۵۴	۶۲,۵۶	۱۲۲	۹,۷۴	۱۹	KD_NW_PS_NW_PS
۲۹	۱۳,۷۹	۴	۸۲,۷۶	۲۴	۳,۴۵	۱	AZ_NW_PS_NW_PS
۱۶۷۹	۲۲	۳۷	۶,۹۷	۱۱۷	۹۰,۸۳	۱۵۲۵	KD_SP.US_SP.US
۹۴	۴,۲۵	۴	۲۲,۳۴	۲۱	۷۳,۴	۶۹	AZ_SP.US_SP.US
۳۳۰	۴,۵۴	۱۵	۱۴,۲۴	۴۷	۸۱,۲۱	۲۶۸	SP.US_SP.US_SP.US
۷۹	۳۷,۹۷	۳۰	۶۰,۷۶	۴۸	۱,۲۷	۱	NW_PS_NW_PS_NW_PS
۸۹	۲۲,۴۷	۲۰	۵۵,۰۶	۴۹	۲۲,۴۷	۲۰	SP.US_SP.US_NW_PS
۸۶	۲۵,۵۸	۲۲	۶۷,۴۴	۵۸	۶,۹۸	۳	NW_PS_NW_PS_SP.US
۵۷	۲۱,۰۵	۱۲	۴۳,۸۶	۲۵	۳۵,۰۹	۲۰	KD_HM_SP.US
۵	۲۰	۱	۸۰	۴	۰	۰	AZ_HM_SP.US
۸۱	۲۷,۱۶	۲۲	۶۹,۱۴	۵۶	۳,۷	۳	KD_HM_PS_NW
۸	۱۲,۵	۱	۸۷,۵	۷	۰	۰	AZ_HM_PS_NW
۴۹۴۵	۱۷,۶۳	۸۷۲	۵,۴۶	۲۷۰	۷۶,۹۱	۳۸۰۳	SUM

می‌باشند. همچنین ساختار تابع مطلوبیت استفاده شده در این مدل مجموعی از مطلوبیت انتخاب افراد در سه سطح مختلف نام‌برده می‌باشد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- خروجی‌های مدل DAYSIM

در این پژوهش، مدل DAYSIM بر روی ۲۴۱۱۴ نفر در قالب خانوار در واشنگتن پیاده‌سازی شد و با محاسبه ۱۲۳ پارامتر و با مقدار $0,443$ برای آیتم Rho^2 ، که معیاری برای برآورد برازش مدل است، می‌توان اظهار داشت که نتایج قابل قبول و معتبری ارائه داده است. خروجی مدل الگوی فعالیت روزانه (قسمت ۱) در جدول ۱۰ نمایش داده شده است.

۳-۶- ساختار مدل سفر اشتراکی

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، هر فرد ممکن است سه الگوی فعالیت داشته باشد: الگوی فعالیت/سفر اجباری، غیراجباری و ماندن در خانه. به این ترتیب برای یک خانوار یک نفره سه الگوی ممکن، برای خانوار دو نفره $3 \times 3 = 9$ انتخاب ممکن و به همین ترتیب تا خانوار ۵ نفره وجود دارد:

- خانوار یک نفره: ۳
- خانوار دو نفره: $3 \times 3 = 9$
- خانوار سه نفره: $3 \times 3 \times 3 = 27$
- خانوار چهار نفره: $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$
- خانوار پنج نفره: $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 243$

که از مجموع این اعداد، تعداد کل گزینه‌های موجود برای این مدل به دست خواهد آمد که در واقع 363 گزینه‌ی متمایز

جدول ۱۰. نتایج و خروجی مدل الگوی فعالیت روزانه (قسمت ۱)

اسمی	متغیرها	کار	X=1	مدرسه	X=2	اسکورت	X=3	کار شخصی	X=4	خرید	X=5	غذا	X=6	اجتماعی- تفریحی	X=7
		ضرایب	t-ratio	ضرایب	t-ratio	ضرایب	t-ratio	ضرایب	t-ratio	ضرایب	t-ratio	ضرایب	t-ratio	ضرایب	t-ratio
Ct	ثابت تور														
Cs	ثابت توقف														
	نوع افراد														
X02	شاغل پاره وقت	-۰,۸۳۴	-۱۷,۰۷	-۰,۳۰۷۸	-۲,۱۶					۰,۱۶۱۳	۳,۷۰				
X03	بازنشسته									۰,۲۹۶۳	۶,۴۸				
X04	سایر شاغلین									-۰,۲۰۲۵	-۲,۰۹				
X05	دانشجو														
X06	دانش آموز ۱۶-۵														
X07	دانش آموز ۱۵-۵														
X08	کودک ۴-۰														
	گروه سنی بزرگسال														
X21	سن ۱۸-۲۵														
X22	سن ۲۶-۳۵														
X23	سن ۵۱-۶۵														
	جنسیت بزرگسال/ فرزندان														
X19	مرد/ فرزند ۴-۰														
X20	مرد/ فرزند ۱۵-۵														
X16	زن/ بدون فرزند														
X17	زن/ فرزند ۴-۰														
X18	زن/ فرزند ۱۵-۵														
	ترکیبات خانواری														
X13	تنها فرد بزرگسال														
X14	تنها فرد شاغل														
X15	غیر فامیل خانوار +۲ نفره														
	درآمد خانوار														
X09	درآمد ۰-۲۵ k														
X10	درآمد ۲۵-۴۵ k														
X11	درآمد بالای ۴۵k														
	سایر														
X12	خودرو به ازای هر بزرگسال														
X24	کار در خانه														

سنی ۲۶ تا ۳۵ سال و ۵۱ تا ۶۵ سال و زن دارای فرزند خردسال (کمترین میزان مطلوبیت) مقادیری منفی می باشد که نشان از عدم تمایل این افراد به سفر مربوط به تحصیل دارد که با توجه به سن و وضعیت اشتغال و محدودیت این افراد برای سفر تحصیلی منطقی است. این مقدار برای خانوار با درآمد ۲۵۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰ دلار نیز منفی است که می تواند نشانگر خانواری بالغ و شاغل باشد که دوره تحصیل را پشت سر گذاشته اند. از طرفی مقدار این مطلوبیت برای خانوار با درآمد ۰ تا ۲۵۰۰۰ دلار مثبت است که می تواند نمایانگر خانواری با یک یا دو فرد شاغل و دارای فرزندان محصل باشد که به این ترتیب تمایل به سفر و تور با هدف مدرسه (تحصیل) در آن ها دیده می شود. همان طور که ملاحظه می گردد برای دانشجویان و دانش آموزان و افراد در گروه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال مقدار این مطلوبیت مثبت است که کاملاً بدیهی است. بیشترین مطلوبیت مربوط به دانش آموز ۵ تا ۱۵ سال است که با توجه به اجباری و هرروزه بودن سفر و تور تحصیلی برای آن ها قابل

مطلوبیت تور با هدف کار برای شاغل پاره وقت، دانشجو، دانش آموز بالای ۱۶ سال، زن دارای فرزند ۰ تا ۴ سال، خانوار با درآمد ۰ تا ۲۵۰۰۰ دلار و افرادی که در خانه کار می کنند منفی است که با توجه به همیشگی نبودن سفرهای کاری برای شاغلین پاره وقت، سر کار نرفتن دانشجویان و دانش آموزان، تمایل زنان دارای فرزند خردسال به ماندن در خانه و مراقبت از فرزند، عدم وجود کار دائمی یا افراد شاغل تمام وقت در خانوارهای با درآمد پایین و نیز عدم تمایل و عدم وجود سفر/تور کاری برای افراد خانه دار یا کسانی که در منزل به صورت دورکاری یا مجازی یا سایر موارد به امور کاری خود می پردازند، منطقی نیز می باشد. در این بین منفی ترین (کمترین) مطلوبیت به قشر دانش آموز، زن دارای فرزند خردسال و خانواری با کار متمرکز در خانه تعلق دارد که نشان از صحت خروجی مدل دارد.

مطلوبیت تولید تور با هدف مدرسه یا همان تحصیل برای شاغل پاره وقت، افراد بازنشسته، سایر شاغلین، افراد در گروه

و نیز خانواری با تمرکز کاری در منزل، این مقدار مثبت است که نشان از وجود امکانات بیشتر و نیز محدودیت ناشی از سفرها و تورهای اجباری کمتر و در نتیجه تمایل بیشتر به انجام تورهای با هدف خرید دارد. برای افراد در بازه سنی ۲۶ تا ۳۵ سال هم این تمایل وجود دارد که می‌تواند ناشی از مسئول خانوار بودن این افراد باشد و سایر اعضای خانوار به دلیل سن کم یا بالا امکان انجام این تورها را نداشته باشند. از طرفی تمایل به انجام این تورها برای سایر شاغلین و دانش‌آموزان و برای افراد در گروه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال، با مقادیر منفی نشان داده شده‌اند که می‌تواند بیانگر محدودیت سنی، زمانی و محدودیت ناشی از وضعیت اشتغال برای انجام تور با هدف خرید باشد. این مطلوبیت برای مرد با فرزند خردسال نیز منفی لحاظ شده است که می‌تواند نشان از اشتغال تمام وقت وی باشد و می‌توان گفت احتمالاً سایر اعضای خانوار مثلاً زن بزرگسال در خانوار سفرهای مربوط به خرید را بر عهده داشته است. تمایل برای این دست تورها برای خانوارهای دسته اول درآمدی یعنی ۰ تا ۲۵۰۰۰ دلار نیز منفی است که می‌تواند نشان از محدودیت مالی برای انجام تورهای جداگانه جهت خرید در آن خانوار باشد (یعنی اولاً در حالت کلی تمایل به خرید کم است ثانیاً سعی بر این است که سفر خرید در مسیر انجام سایر تورها مثلاً تور کاری انجام شود).

با توجه به تعریف تور با هدف خوردن غذا که حتی اگر کودک خردسال با خانواده برای صرف غذا در یک تور شرکت کند، برای او نیز آن تور با هدف غذا لحاظ می‌شود، لذا مثبت بودن تمایل به انجام تور با هدف غذا برای خردسال منطقی است. با توجه به مثبت بودن این تمایل برای دانش‌آموزان ۵ تا ۱۵ سال، احتمالاً این افراد با توجه به شاغل بودن والدین خود، برای صرف غذا خارج از خانه تورهایی را شکل خواهند داد. زن بدون فرزند هم احتمالاً به دلیل شاغل بودن و نیز امکان غذا خوردن خارج از خانه به دلیل عدم وجود مسئولیت فرزند، تمایلش برای انجام این نوع تور مثبت است در حالی که مرد دارای فرزند ۵ تا ۱۵ سال احتمالاً به دلیل شاغل بودن و نداشتن وقت کافی و تمایل به استراحت و صرف غذا در منزل پس از ساعات کاری، تمایلش منفی است. مقدار این مطلوبیت برای خانوارهایی که به ازای هر بزرگسال یک خودرو در خانوار دارند، مثبت است که می‌تواند نشان از وضع اقتصادی خوب آن خانوار و نیز داشتن امکانات بیشتر برای

توجیه است. در تور با هدف اسکورت یعنی سوار/پیاده کردن شخصی در مقصدی مشخص، مقدار مطلوبیت برای گروه سنی ۵۱ تا ۶۵ سال (افراد در این گروه سنی معمولاً بازنشسته هستند و وقت آزاد بیشتری برای رساندن یا گرفتن سایر اعضا خانوار اعم از فرزندان و شاغلان به/از مقاصد مشخص مربوط به هریک خواهند داشت.) و مرد/زن دارای فرزند ۰ تا ۵ و ۵ تا ۱۵ سال که طبیعی است تمایل به انجام تور اسکورت برای رساندن یا گرفتن فرزندان خود به/از مهدکودک و یا مدرسه داشته باشند (خصوصاً با توجه به اینکه در گروه سنی ۰ تا ۱۵ سال افراد فاقد گواهی‌نامه نیز هستند)، مثبت بوده و برای گروه سنی ۲۶ تا ۳۵ سال که احتمالاً در این بازه سنی افراد خود شاغل بوده و فرزند محصل ندارند، برای تنها فرد بزرگسال در خانوار که مسئولیت اقتصاد خانوار بر عهده‌ی اوست و فرصتی برای انجام تور با هدف اسکورت جهت رساندن یا گرفتن سایر اعضا به/از جایی را نخواهد داشت و برای خانوارهای با درآمد ۰ تا ۴۵۰۰۰ دلار که احتمالاً بیشتر افراد در آن‌ها خود بزرگسال و شاغل می‌باشند، منفی است.

در تعریف پارامترها برای ورود به مدل، کار شخصی به گونه‌ای تعریف شده است که شامل مشاغل آزاد در بنگاه‌ها و آژانس‌های شخصی و نیز کارهای آزاد مجازی است که توسط گوشی و اینترنت انجام می‌گیرد. مطلوبیت مربوط به انجام تورهای با این هدف برای افراد بازنشسته، سایر شاغلین و افراد در بازه سنی ۵۱ تا ۶۵ سال منطقی است که مثبت باشد چون به دلیل محدودیت زمانی کمتر که ناشی از کارمند نبودن و سایر عوامل است، تمایل به انجام کارهای آزاد و با مدیریت شخصی بیشتر است. دقیقاً به دلیل برعکس این مقدار برای دانش‌آموزان، افراد در بازه سنی ۱۸ تا ۳۵ سال و مرد دارای فرزند ۵ تا ۱۵ سال، منفی است. برای زن دارای فرزند ۰ تا ۴ و ۵ تا ۱۵ سال این مقدار مثبت است زیرا احتمالاً این افراد به کارهای آزاد مجازی و یا کارهای آزادی که محدودیت زمانی اجباری نداشته باشد، مشغول می‌باشند.

در بررسی میزان مطلوبیت تور با هدف خرید می‌توان ملاحظه نمود که مقدار این مطلوبیت برای شاغل پاره‌وقت، بازنشسته و زن بدون فرزند مقادیری مثبت است که با توجه به داشتن وقت آزاد بیشتر این افراد طبیعی است که تمایل به خرید بیش از سایرین باشد. همچنین برای خانوارهایی که به ازای هر فرد بزرگسال در خانوار خودرویی موجود است

کافی برای وی و تمایل بیشتر او به گذراندن وقت استراحت در منزل باشد. میزان مطلوبیت برای انجام تورهای با این هدف در هر سه دسته درآمد خانواری منفی است ولی برای دسته اول که کمترین درآمد را شامل می‌شود، منفی‌ترین (کمترین) مقدار است که به دلیل وضع اقتصادی ضعیف‌تر قابل توجیه است که تمایل به سفر یا تورهای تفریحی کمتر باشد. این در حالی است که در خانواری که به ازای هر بزرگسال یک خودرو وجود دارد، احتمالاً هم به دلیل وضع اقتصادی خوب و هم امکان بیشتر سفر و تور، میزان این مطلوبیت مثبت لحاظ شده است. همچنین خروجی مدل الگوی فعالیت روزانه (قسمت ۲) در جدول ۱۱ ارایه شده است.

انجام تور با هدف صرف غذا خارج از خانه (راحتی) باشد. تمایل به انجام تور با هدف تفریحی-اجتماعی برای دانش‌آموزان ۵ تا ۱۵ سال مثبت است و احتمالاً به دلیل تمایل این گروه به گشتن با دوستان یا سایر اعضای خانوار بعد از زمان مدرسه است. درمورد خردسالان نیز مثبت بودن این مقدار احتمالاً به دلیل انجام تورهای با این هدف با مادر و یا سایر اعضای خانوار می‌باشد. به همین ترتیب تمایل زن دارای فرزند ۵ تا ۱۵ سال به انجام چنین تورهایی مثبت است زیرا احتمالاً وقت آزاد بیشتری برای گذراندن با فرزندان خود دارند در حالی‌که برای مرد دارای فرزند ۵ تا ۱۵ سال میزان این مطلوبیت منفی است که می‌تواند نشان از عدم وجود وقت

جدول ۱۱. نتایج و خروجی مدل الگوی فعالیت روزانه (قسمت ۲)

ln (اهداف توقف)		ln (اهداف تور)		متغیرها	اسامی
t-ratio	ضرایب	t-ratio	ضرایب		
نوع افراد					
		۶,۳۸	۰,۴۸۲۲	شاغل پاره وقت	X02
		۱۴,۱۱	۱,۱۷۲۷	بازنشسته	X03
۴,۳۴	۰,۷۲۱۹	۲,۰۱	۰,۳۸۴۸	سایر شاغلین	X04
		۳,۰۶	۰,۳۲۶۰	دانشجو	X05
-۳,۰۸	-۰,۵۷۰۲	۵,۳۸	۱,۰۱۸۵	دانش آموز ۱۶+	X06
-۱۲,۰۷	-۱,۶۰۷۲	۹,۲۲	۰,۹۵۲۵	دانش آموز ۱۵-۵	X07
				کودک ۴-۰	X08
گروه سنی بزرگسال					
		۲,۴۳	۰,۲۹۵۱	سن ۱۸-۲۵	X21
				سم ۲۶-۳۵	X22
				سن ۵۱-۶۵	X23
جنسیت بزرگسال / فرزندان					
		-۲,۴۵	-۰,۳۳۸۲	مرد/ فرزند ۴-۰	X19
		۴,۰۲	۰,۴۲۵۰	مرد/ فرزند ۱۵-۵	X20
		-۵,۲۷	-۰,۳۳۹۹	زن/ بدون فرزند	X16
				زن/ فرزند ۴-۰	X17
		۶,۱۴	۰,۵۸۶۸	زن/ فرزند ۱۵-۵	X18
ترکیبات خانواری					
				تنها فرد بزرگسال	X13
				تنها فرد شاغل	X14
				غیر فامیل خانوار +۲ نفره	X15
درآمد خانوار					
				درآمد ۲۰-۰ k	X09
				درآمد ۴۵-۲۵ k	X10
				درآمد بالای ۲۵k	X11
				سایر	

ln (اهداف توقف)		ln (اهداف تور)		متغیرها	اسامی
t-ratio	ضرایب	t-ratio	ضرایب		
				خودرو به ازای هر بزرگسال	X12
۳,۵۴	۰,۳۹۳۹	۴,۹۳	۰,۶۷۹۷	کار در خانه	X24

برای افراد با سایر شغل‌ها مثبت است که می‌تواند به دلایل مختلفی چون ماهیت شغلی این افراد و داشتن وقت و اختیار بیشتر در انجام تورهای مختلف کاری و غیرکاری، سن و داشتن گواهینامه و اتومبیل شخصی و غیره باشد. همچنین افراد در سنین ۱۸ تا ۲۵ سال احتمالاً دانشجوی و یا شاغل هستند که مشابه توضیحات فوق مثبت بودن مقدار مربوط به پارامتر تعداد اهداف تور منطقی به نظر می‌رسد. با توجه به جدول ۱۱ می‌توان ملاحظه نمود که تمایل به داشتن تعدد و تنوع تورها برای مرد و زن دارای فرزند ۵ تا ۱۵ سال مثبت و مطلوب است در حالی که برای زن بدون فرزند و مرد دارای فرزند ۰ تا ۴ سال عکس این قضیه صادق است. در نهایت برای افرادی که در منزل به کار می‌پردازند (اعم از دورکاری و کارهای مجازی)، تمایل مثبت در انجام تورهای متعدد و همچنین توقف‌های متعدد دیده می‌شود که می‌تواند ناشی از اختیار بیشتر در برنامه‌ریزی فعالیت‌های روزانه و زمان‌بندی شخصی آزادتر باشد.

۴-۲- نتایج حاصل از خروجی نرم‌افزار

کدنویسی انجام شده در این پژوهش، به زبان R و در برنامه RStudio و با استفاده از بسته‌های Apollo صورت گرفت. نتایج مشاهده شده در خروجی مدل در ادامه ارائه شده است. لازم به ذکر است که در این مدل گزینه انتخابی در خانه ماندن، به عنوان گزینه مبنا در نظر گرفته شده و به همین دلیل مقادیری را به خود اختصاص نداده است. در جدول ۱۲ نتایج مربوط به سطح فردی ارائه شده است.

متغیرهای وارد شده در این جدول هم‌منظور که پیشتر بیان شد، متناسب با لگاریتم تعداد اهداف تور و توقف می‌باشد. به عبارتی این متغیرها مطلوبیت تنوع تورها و توقف‌های صورت گرفته توسط افراد را نشان می‌دهد. از این رو مقدار مثبت برای ضرایب مربوط به هر یک از این متغیرها می‌تواند بیانگر وجود تنوع و تعدد در تورها و توقف‌های انتخابی برای افراد مختلف در طول روز باشد.

مقادیر مثبت برای افراد شاغل (شاغل پاره‌وقت و سایر شاغلین) و محصل (دانشجو، دانش‌آموزان ۵ تا ۱۵ و بالای ۱۶ سال) در پارامتر مربوط به تعداد اهداف تور نشان‌دهنده‌ی این امر است که احتمال داشتن تورهایی علاوه بر تورهای کاری یا تحصیلی برای این افراد وجود دارد. در واقع این افراد در هر صورت حداقل یک تور و بنابراین یک هدف تور (تور کاری برای افراد شاغل و تور تحصیلی برای محصلین) را در طول روز خواهند داشت، از طرفی داشتن یک تور دیگر که می‌تواند با هدف خرید، فعالیت‌های اجتماعی-تفریحی و غیره باشد کاملاً محتمل است. از طرفی مقدار این پارامتر برای افراد بازنشسته نیز مثبت است که نشان از آزاد بودن وقت این افراد و اختیار بیشتر در انجام تورهای متعدد دارد، تورهایی که می‌تواند با هدف اسکورت (رساندن افراد محصل خانوار به محل تحصیل)، خرید، فعالیت‌های اجتماعی-تفریحی و یا اهداف دیگر باشد.

همان‌طور که مشاهده می‌گردد برای دانش‌آموزان ۵ تا ۱۵ و بالای ۱۶ سال مقدار پارامتر مربوط به تعداد اهداف توقف منفی است و این با توجه به نداشتن گواهینامه و اتومبیل در این سنین و نیز فعالیت‌های اجباری این قشر که همان مدرسه رفتن است، منطقی است. این در حالی است که مقدار پارامتر متناظر

جدول ۱۲. خروجی نرم‌افزار (در سطح فردی)

غیراجباری		اجباری		متغیرهای تابع مطلوبیت
آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	
جنسیت				
		-۴,۱۱	-۰,۱۹۷	زن

غیر اجباری		اجباری		متغیرهای تابع مطلوبیت
آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	
شغل				
۴,۸۷	۰,۵۹۲۱	۶,۲۵	۰,۸۰۲۱	تحصیلی(دانش آموز یا دانشجو)
		-۶,۰۱	-۶,۶۵۸	خانه‌دار
۷,۸۸	۰,۹۷۹۷	-۸,۲	-۱,۱	مشاغل آزاد
۱۱,۱۳	-۰,۶۴۴۳	-۲۱,۸۱	-۱,۹۷۲	بیکار
سن				
۴,۷۸	۰,۶۵۳۷	۱۱,۸۷	۱,۶۷۷۷	بازه ۵-۱۵سال
۱,۷۹	۰,۲۷۷۱	۹,۳۳	۱,۳۹۴۱	بازه ۱۶-۱۹سال
۵,۷۲	۰,۵۷۲۶	۲۴,۷۴	۲,۳۷۲۷	بازه ۲۰-۲۹سال
۱۰,۶۵	۰,۹۲۵۳	۳۲,۴۱	۲,۷۳۷۷	بازه ۳۰-۳۹سال
۱۱,۸۲	۰,۹۰۶۷	۶۴,۰۱	۲,۶۰۴	بازه ۴۰-۴۹
۹,۹۵	۰,۵۹۰۵	۴۰,۳۴	۲,۳۶۶۹	بازه بیشتر از ۵۰سال
مالکیت خودرو				
-۱,۷۶	-۰,۱۳۹۳	-۱۴,۹۳	-۲,۰۵۹	فرد بیکار-تعداد وسیله نقلیه بیشتر از تعداد شاغلین خانوار
-۴,۰۹	-۰,۹۶۳۳	-۲,۴۶	-۲,۵۳۴۴	فرد بیکار-تعداد وسیله نقلیه کمتر از تعداد شاغلین خانوار
۷,۲۷	۲,۲۴۷۱	۶,۰۳	۲,۵۰۳۷	فرد کودک-تعداد وسیله نقلیه بیشتر از تعداد شاغلین خانوار
				فرد کودک-تعداد وسیله نقلیه کمتر از تعداد شاغلین خانوار
۳,۸۲	۰,۷۲۸	۱,۷۹	۱,۸۷۲۹	فرد خانه‌دار-تعداد وسیله نقلیه بیشتر از تعداد شاغلین خانوار
-۲,۴	-۱,۰۶۸۷			فرد خانه‌دار-تعداد وسیله نقلیه کمتر از شاغلین خانوار
				فرد شغل آزاد-تعداد وسیله نقلیه کمتر از تعداد شاغلین خانوار
۲,۱۷	۰,۲۸۶۸	۳,۲۵	۰,۳۷۲۴	فرد کارمند-وسیله نقلیه کمتر از تعداد شاغلین خانوار
۱,۸۱	۰,۵۰۷۷	۱,۳۷	۰,۳۴۴۳	فرد دانش‌آموز-تعداد وسیله نقلیه کمتر از شاغلین خانوار

این روند حتی درباره سفرهای غیراجباری نیز قابل ملاحظه است. در مورد دسته‌بندی مالکیت خودرو، در گروه افراد بیکاری که تعداد خودروی خانوار بیش از افراد شاغل است ملاحظه می‌گردد که مطلوبیت هر دو الگوی سفر منفی است ولی تمایل به سفرهای غیراجباری بیشتر است زیرا از آن‌جا که ممکن است با رفتن اعضای شاغل به محل کار، همچنان خودروی اضافه‌ای موجود باشد. لذا منطقی است که تمایل به سفر غیراجباری بیشتر شود. نکته جالب دیگر این است که با کمتر شدن تعداد خودروی خانوار به کمتر از افراد شاغل، این دو مشخصه مطلوبیت منفی تری یافته‌اند و این یعنی تمایل به هر دو سفر اجباری و غیر اجباری کمتر شده است.

از طرف دیگر مطلوبیت مثبت در سفرهای اجباری مربوط به کودکان پیش از دبستان می‌تواند نمایانگر این موضوع باشد

در سطح فردی، نتایج مربوط به دسته‌بندی جنسیت نشان داده است که مطلوبیت سفرهای اجباری برای زنان نسبت به سفرهای غیراجباری منفی است و این بدان معناست که ترجیح زنان به انتخاب الگوهای غیراجباری و ماندن در خانه است. همچنین در دسته‌بندی شغلی ملاحظه می‌گردد که کمترین تمایل به سفرهای اجباری مربوط به افراد خانه‌دار بیشترین آن مربوط به دانش‌آموزان است که این مسئله مورد انتظار نیز بوده است. در دسته‌بندی سن، با ملاحظه‌ای اعداد و ارقام این‌طور به نظر می‌رسد که تمایل افراد به فعالیت‌های اجباری، با افزایش سن تا ۴۰ سالگی افزایش می‌یابد که طبیعتاً به دلیل فعالیت‌های تحصیلی و کاری می‌باشد ولی با افزایش سن بیش از ۴۰ سالگی، تمایل به انجام این فعالیت‌ها کم شده و همان‌طور که مشاهده می‌گردد، مقدار مطلوبیت نیز سیر نزولی یافته است.

یکدیگر وقت گذرانده و در خانه بمانند. به علاوه فرد دانش‌آموز و بیکار برای انجام سفر غیراجباری نیز تمایل مثبتی داشته و ظاهراً فرد بیکار ترجیح می‌دهد بعد از زمان مدرسه، با فرد دانش‌آموز به خرید یا سایر سفرهای تفریحی و اجتماعی بپردازد. بعلاوه، مقدار ضریب مربوط به فعالیت اجباری برای ترکیب یک دانش‌آموز و یک کارمند مثبت است و این یعنی فرد کارمند می‌تواند در راه رفت یا برگشت به/از محل کار خود، فرزندش را به مدرسه رسانده یا از مدرسه سوار کند.

دو فرد دانش‌آموز احتمالاً به دلیل مشترک بودن یا هم مسیر بودن محل تحصیل خود تمایل به انجام سفر اجباری با یکدیگر دارند؛ و همین‌طور دو فرد شاغل آزاد یا دو فرد کارمند و یا یک فرد شاغل آزاد و فرد کارمند برای رفتن به محل کار خود. در ترکیبات نام‌برده مقدار مطلوبیت برای ماندن در خانه مثبت است که نشان می‌دهد افراد شاغل پس از رهایی از کار روزانه و در وقت استراحت خود تمایل به ماندن در خانه و کنار یکدیگر بودن دارند. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود برای ترکیبات آزاد-بیکار و کارمند-بیکار مقدار مطلوبیت برای انجام فعالیت اجباری منفی است که با توجه به اجباری بودن سفر کاری فرد شاغل و بیکار بودن فرد مقابل، امری منطقی است. این در حالی است که این ترکیبات به ماندن در خانه با یکدیگر در اوقات آزاد افراد شاغل، تمایل داشته و از این رو مقدار این مطلوبیت مثبت بوده است. درنهایت در ترکیب کارمند-کودک پیش از دبستان مقدار ضریب مربوط به مطلوبیت انجام سفر اجباری منفی است که این نشان می‌دهد یا کودک با مادر یا سایر افراد در منزل می‌ماند و یا توسط فرد دیگری به غیر از فرد کارمند به مهدکودک برده می‌شود. همچنین در جدول ۱۴ نتایج مربوط به سطح سه نفره ارائه شده است.

که در جوامع پیشرفته با افزایش افراد شاغل و کارمند در خانه، احتمال بردن فرزندان به مراکز نگهداری همچون مهدکودک افزایش می‌یابد. علاوه بر این وقتی تعداد خودروی خانوار از تعداد شاغلین آن بیشتر است می‌تواند ملاکی برای درآمد بالای آن خانوار محسوب شود که همین عامل، قضیه‌ی فوق را تشدید نیز می‌کند. فرد خانه‌داری که تعداد وسیله نقلیه در آن بیشتر از تعداد افراد شاغل آن است، به دلیل فعالیت‌های کاری و یا خرید و امور مربوط به گذران زندگی تمایل بیشتری به انجام فعالیت‌های خارج از خانه خواهد داشت و این درحالی است که با کاهش خودروی خانوار به کمتر از تعداد شاغلین آن، این تمایل به فعالیت‌هایی نظیر خرید و امور غیراجباری طبیعتاً کاهش یافته است. درنهایت درمورد افراد کارمند و دانش‌آموز هم چون این دسته افراد در هر صورت روزانه سفرهای اجباری مخصوص به خود را دارند لذا منطقی است که ضرایب مربوط به آن‌ها مثبت باشد هرچند تعداد خودروی خانوار کمتر از تعداد شاغلین باشد. از طرف دیگر، نتایج مربوط به سطح دو نفره در جدول ۱۳ ارائه شده است.

در ترکیبات دونفره، درمورد مقادیر مثبت ضرایب مربوط به ترکیب خانه‌دار-دانش‌آموز در فعالیت‌های غیراجباری و ماندن در خانه می‌توان اظهار داشت که پس از مدرسه، فرد خانه‌دار و فرد دانش‌آموز تمایل انجام فعالیت‌های مشترکی خواهند داشت که البته این تمایل به با هم در خانه ماندن بیشتر است. فرد خانه‌دار و بیکار نیز تمایل بیشتری به ماندن در خانه خواهند داشت. همچنین در ترکیباتی که فرد دانش‌آموز (و یا دانشجو) وجود دارد، چه فرد مقابل دانش‌آموز باشد چه بیکار و هر فرد دیگر، مشاهده می‌شود که مطلوبیت ماندن در خانه مقادیر مثبت دارد و این نشان‌دهنده‌ی این است که این افراد در بازه‌های زمانی‌ای که به فعالیت اجباری نمی‌پردازند، تمایل دارند با

جدول ۱۳. خروجی نرم افزار (در سطح دو نفره)

متغیرها		اجباری		غیراجباری		ماندن در خانه	
	ضریب	آماره t		ضریب	آماره t	ضریب	آماره t
تعاملات دونفره							
خانه‌دار*دانش‌آموز				۰,۴۱۴۵	۳,۷۷	۰,۹۴۹۷	۶,۴۲
خانه‌دار*کارمند				-۰,۲۵۰۹	-۱,۶۷		
خانه‌دار*بیکار						۱,۰۶۶	۴,۴۲
دانش‌آموز*دانش‌آموز	۱,۰۹۱۴	۹,۸۴				۲,۵۸۶۱	۱۲,۷
دانش‌آموز*کارمند	۰,۱۴۱۵	۲,۵۱				۰,۴۳۷۳	۲,۹۶

ماندن در خانه		غیر اجباری		اجباری		متغیرها
آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	
۳,۹۹	۱,۰۸۱۸					دانش آموز*کودک پیش از دبستان
۴,۵۲	۱,۳۷۶۵					دانش آموز*دانشجو
۴,۷	۰,۹۰۱	۱,۲	۰,۱۵۰۳			دانش آموز*بیکار
۳,۶۵	۱,۱۷۶۹			۳,۶۱	۱,۰۷۷۱	آزاد*آزاد
۱,۵۹	۰,۴۶۴۹			۱,۲۹	۰,۱۲۱۳	آزاد*کارمند
۱,۵۹	۰,۹۷۰۱					آزاد*دانشجو
۳,۱۸	۰,۹۶۰۸			-۱,۱۹	-۱,۲۰۲۶	آزاد*بیکار
۵,۳۶	۰,۹۳۹۵			۴,۱	۰,۲۱۳۴	کارمند*کارمند
				-۳,۱۳	-۰,۵۲۴۳	کارمند*کودک پیش از دبستان
۳,۰۶	۰,۳۹۶۶			-۶,۴۴	-۱,۵۶۱۹	کارمند*بیکار
۱,۲۸	۰,۳۴۶۴			-۱,۴۲	-۰,۱۱۰۲	کارمند*دانشجو
۱۲,۱۴	۱,۲۷۹۱	۵,۳۹	۰,۴۳۵۶			بیکار*بیکار
۱,۵۵	۰,۴۵۳۴					بیکار*دانشجو

جدول ۱۴. خروجی نرم افزار (در سطح سه نفره)

ماندن در خانه		غیر اجباری		اجباری		متغیرها
آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	
تعاملات سه نفره						
۱,۸۴	۰,۴۶۳۵	۱,۸۵	۰,۲۷۵۷	۳,۳۳	۰,۴۴۵	کارمند*کارمند*کودک پیش از دبستان/بیکار
				۱,۶	۰,۵۲۱۱	آزاد*آزاد*دانش آموز/دانشجو
۳,۷	۰,۶۸۶	۳,۷۱	۰,۳۴۹۶			کارمند*بیکار/کودک پیش از دبستان*بیکار/کودک پیش از دبستان
				۲,۷۶	۰,۱۷۱۹	کارمند*دانش آموز/دانشجو*دانش آموز/دانشجو
		۷,۹۶	۱,۱۰۰۸			بیکار/کودک پیش از دبستان*دانش آموز/دانشجو*دانش آموز/دانشجو
		۴,۰۵	۰,۶۴۹۲			بیکار/کودک پیش از دبستان*بیکار/کودک پیش از دبستان*دانش آموز/دانشجو
۳,۱۷	۱,۵۱۵۶					دانش آموز/دانشجو*دانش آموز/دانشجو*دانش آموز/دانشجو
۱,۹۸	۰,۶۲۲۴					کارمند*خانه دار*کودک پیش از دبستان/بیکار
۱,۳۵	۰,۴۴۲۶					دانش آموز/دانشجو*دانش آموز/دانشجو*بیکار/کودک پیش از دبستان
تعداد مشاهدات: ۱۱۴۳۶						
واحد مدلسازی: خانوار						
گزینه ها: ۳۶۳						
$Rho^2(0) = ۰,۴۰۲۶$						
$LL (final) = ۱۶۳۷۴,۶۴$						
Estimated parameters = ۱۵۰						

به مهدکودک در مسیر کاری بزرگسالان کارمند که ضریب الگوی اجباری را مثبت می‌کند و یا تمایل به انجام سفرهای غیراجباری و یا ماندن در خانه با یکدیگر که مقدار ضرایب متناظر را مثبت کرده است. همچنین در ترکیب آزاد-آزاد-

در ترکیب سه نفره کارمند-کارمند-کودک پیش از دبستان/بیکار، مقدار ضرایب برای هر سه الگو مثبت است و این نشان از وابستگی فرد سوم در حالتی دارد که دونفر کارمند در آن خانوار هستند، مثل همان بردن کودک

در مرحله‌ی اول برای هر یک از مدل‌ها به تناسب نوع و ساختار هر کدام و با نظر به مطالعات و پژوهش‌های قبلی، پردازش داده‌ها و معرفی متغیرها انجام گرفت و در قالب‌های خاص خود به عنوان ورودی برای دو مدل مجزا مورد استفاده قرار گرفتند و پس از اتمام مراحل مدل‌سازی، تحلیل و بررسی ضرایب محاسبه شده از نظر آماری و معناداری صورت گرفت. در این تحقیق علاوه بر تحلیل تأثیر پارامترهای مختلف بر زنجیره‌ی سفری که افراد در طول روز تشکیل می‌دهند (که البته بررسی این افراد در قالب خانوار بوده است نه به صورت تکی و جداگانه) و بررسی تمایلات و ترجیحات و احتمالات، تعامل و ارتباط اعضای این خانوارها برای انجام سفر/فعالیت‌های خود هم در سطح فردی و هم در سطوح دو و سه نفره مورد بررسی قرار گرفت.

در این مقاله ویژگی‌های تأثیرگذار در هر دو مدل با توجه به مقدار اختصاص یافته به ضرایب آن‌ها مشخص شد؛ پارامترهای مربوط به ویژگی‌هایی که در قالب فردی و خانواری تعریف و ساخته شدند و ملاحظه شد که ویژگی‌هایی از قبیل جنسیت، سن، وضعیت تحصیلی و کاری و سایر موارد هریک چه میزان تأثیرگذار خواهند بود. چنین مدل‌هایی با محوریت فعالیت‌مبنا بودن و این سطح از پوشش ویژگی‌های فردی و خانواری قطعاً نقش بسیار مهمی در آینده مدل‌سازی‌های حمل‌ونقلی کشور و تصمیم‌گیری‌های مربوط به آن‌ها در سطح سیاست‌های کلان حمل‌ونقلی خواهند داشت چرا که با دقت قابل قبولی می‌توانند جامعه حمل‌ونقل را به پیش‌بینی‌ها و ارزیابی‌های درستی از حال و آینده سوق دهند که از صحت و اعتبار کافی نیز برخوردارند.

برای ارایه پیشنهادها جهت مطالعات آتی، لازم به ذکر است که اطلاعات مربوط به شهرهای ایران در چارچوب قابل استفاده برای این مدل‌ها هنوز جمع‌آوری نشده و در مواردی هم که جمع‌آوری انجام شده، اطلاعات از صحت و درستی قابل قبولی برخوردار نبوده‌اند. اولین پیشنهاد، پیاده‌سازی این نوع مدل‌ها و نیز در نظر گرفتن جزئیات و پارامترهای بیشتر (مثلاً با در نظر گرفتن تعداد هدف سفر بیشتر) بر روی اطلاعات حاصل از شهرهای ایران می‌باشد که شاید فرصتی باشد برای تحول رویه حمل‌ونقل در سطح درون‌شهری خصوصاً در کلان‌شهرها. همچنین در این مدل‌ها پارامترهایی از جنس زمان و دسترسی، محل کار و زندگی و ویژگی‌های مربوط به محل

دانش‌آموز/دانشجو با مثبت بودن مقدار مربوط به سفر اجباری مشخص می‌گردد که در این ترکیب افراد با مشاغل آزاد اختیار بیشتری برای رساندن اعضای محصل به محل تحصیل خود داشته و نسبت به انجام این عمل تمایل دارند. از طرف دیگر، مقدار مثبت برای ضریب مربوط به الگوهای غیراجباری و در خانه ماندن برای ترکیب کارمند-بیکار/کودک پیش از دبستان-بیکار/کودک پیش از دبستان حاکی از آن است که افراد شاغل و غیرشاغل و کودک یا محصل در وقت‌های آزاد خود تمایل به بودن در کنار یکدیگر برای انجام سفرهای غیراجباری و یا ماندن در خانه دارند. این مسئله در خصوص انجام فعالیت‌های غیراجباری در ترکیب بیکار/کودک پیش از دبستان-دانش‌آموز/دانشجو-دانش‌آموز/دانشجو و نیز قابل مشاهده است. با توجه به جدول ۱۴ ملاحظه می‌شود که در ترکیب سه محصل و نیز ترکیب دو فرد محصل با فرد بیکار یا خردسال در خانوار تمایلی به ماندن در خانه وجود ندارد که می‌تواند بنا به اقتضای سن و گردش با دوستان همسن و سال خود خارج از وقت مدرسه و نیز همسن و سال نبودن افراد در این ترکیبات و در نتیجه نبود اشتراکات و تفاهمات کافی برای گذران وقت با یکدیگر باشد.

همچنین منفی بودن مطلوبیت در ترکیب کارمند-دانش‌آموز/دانشجو-دانش‌آموز/دانشجو برای الگوی اجباری می‌تواند نشان از فضا‌های متفاوت فعالیت اجباری این افراد داشته باشد، مثلاً محل کار و محل تحصیل که منفک از یکدیگر می‌باشند و یا حتی فضای تحصیلی متفاوت برای آن دو نفر محصل. در نهایت مثبت بودن مطلوبیت در ترکیبات کارمند-بیکار/خردسال-بیکار/خردسال و کارمند-خانه‌دار-خردسال/بیکار برای الگوی در خانه ماندن حاکی از این است که سرپرست‌های خانوار علاقمندند زمانی که دیگر درگیر کار و فعالیت اجباری نیستند، با فرزندان و همسر خود وقت گذرانده و در خانه بمانند.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش دو مدل از انواع مدل‌های فعالیت‌مبنا ساخته شده و بر روی داده‌های حاصل از پرسشگری خانوارهای شهر واشنگتن پیاده‌سازی شد که شامل ۲۵۱۷۹ فرد و ۱۱۴۳۶ خانوار بوده است. اولین مدل که تمرکز اصلی بر روی آن بوده است، مدل تشکیل زنجیره سفر بر اساس برنامه فعالیت‌های خانوار و دومین مدل مربوط به سفر اشتراکی اعضای خانوارها بود.

Mode Choice Models, Sacramento Area Council of Governments (SACOG).

- Bradley, M., Bowman, J. L. and Griesenbeck, B., (2007), "Development and Application of the SACSIM Activity-Based Model System", 11th World Conference on Transport Research Society.

-Bradley, M., Bowman, J. L. And Griesenbeck, B., (2010), "SACSIM: An Applied Activity-Based Model System with Fine-Level Spatial and Temporal Resolution", Journal of Choice Modelling, Vol. 3, No. 1, pp. 5-31.

-Carver, A., Barr, A., Singh, A., Badland, H., Mavoa, S. And Bentley, R., (2019), "How Are the Built Environment and Household Travel Characteristics Associated with Children's Active Transport in Melbourne, Australia?", Journal of Transport and Health, Vol. 12, pp. 115-129.

-Chen, Y. J. And Akar, G., (2017), "Using Trip Chaining and Joint Travel as Mediating Variables to Explore the Relationships Among Travel Behavior, Socio-Demographics, And Urban Form", Journal of Transport and Land Use, Vol. 10, No. 1, pp. 573-588.

-Chu, Z., Cheng, L. And Chen, H., (2012), "A Review of Activity-Based Travel Demand Modeling", 12 COTA International Conferences of Transportation Professionals, American Society of Civil Engineers, Transportation Research Board.

-Ferdous, N., Bhat, C., Vana, L., Schmitt, D., Bowman, J. L., Bradley, M. And Pendyala, R. (2011), "Comparison of Four-Step Versus Tour-Based Models in Predicting Travel Behavior Before and After Transportation System Changes—Results Interpretation and Recommendations", Ohio Department of Transportation, Ohio, EEUU.

-Gliebe, J. P. And Koppelman, F. S., (2002), "A Model of Joint Activity Participation between Household Members", Transportation, Vol. 29, No. 1, pp. 49-72.

-Gupta, S. And Vovsha, P., (2013), "A Model for Work Activity Schedules with Synchronization for Multiple-Worker Households", Transportation, Vol. 40, No. 4, pp. 827-845.

-Hamad, K. And Obaid, L., (2022), "Tour-Based Travel Demand Forecasting Model for A University Campus", Transport Policy, Vol. 117, pp. 118-137.

-Ho, C. And Mulley, C., (2015), "Intra-Household Interactions in Tour-Based Mode Choice: the Role of Social, Temporal, Spatial

اقامت می‌تواند تأثیرگذار و تعیین‌کننده باشد که در مطالعات آینده می‌توان به تعریف و ساخت این دست متغیرها و ورود آن‌ها به این دو مدل استفاده کرده و نتایج را مورد بررسی و تحلیل قرار داد. در نهایت مدل استفاده شده در این پژوهش، مدل لوجیت چندجمله‌ای بوده است و از طرفی همان‌طور که شرح داده شد، متغیرها در دسته و گروه‌های مختلف طبقه‌بندی شده بودند، لذا پیاده‌سازی فرآیند این مقاله با مدل‌های لوجیت آشیانه‌ای به دلیل ساختار و ماهیت آن‌ها پیشنهاد می‌گردد که می‌توان نتایج حاصل از آن‌ها را با نتایج این مطالعه مقایسه نمود.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Tour-based models
2. Activity-scheduling models
3. Seemingly Unrelated Regression Equation (SURE)
4. Sacramento Area Council of Governments (SACOG)
5. Metropolitan Planning Organization (MPO)

۷- مراجع

- Becker, G. S., (1965), "A Theory of The Allocation of Time", Economic Journal, Vol. 75, pp. 493-517.
- Berkowitz, M. K., Gallini, N. T., Miller, E. J. And Wolfe, R. A., (1987), "Forecasting Vehicle Holdings and Usage with A Disaggregate Choice Model", Journal of Forecasting, Vol. 6, No. 4, pp. 249-269.
- Ben-Akiva, M. E. And Bowman, J. L., (1998), "Activity Based Travel Demand Model Systems", Equilibrium and Advanced Transportation Modelling, Springer, Boston, pp. 27-46.
- Bhat, C. R. And Koppelman, F. S., (1999), "Activity-Based Modeling of Travel Demand", Handbook of Transportation Science, Spring, Boston, pp. 35-61.
- Bhat, C. R. And Pendyala, R. M., (2005), "Modeling Intra-Household Interactions and Group Decision-Making", Transportation, Vol. 32, No. 5, pp. 443.
- Bradley, M. And Bowman, J., (2006), "SACSIM/05 Activity-Based Travel Forecasting Model For SACOG: Featuring DAYSIM—the Person Day Activity and Travel Simulator", Technical Memo No. 4,

- Chain Complexity: A Comparison Among Latent Classes of Daily mobility patterns”, *Transportation*, Vol. 48, No. 2, pp. 953-975.
- Sifringer, B., Lurkin, V. And Alahi, A., (2020), “Enhancing Discrete Choice Models with Representation Learning”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 140, pp. 236-261.
- Srinivasan, S. And Bhat, C. R., (2005), “Modeling Household Interactions in Daily In-Home and Out-Of-Home Maintenance Activity Participation”, *Transportation*, Vol. 32, No. 5, pp. 523-544.
- Timmermans, H., Borgers, A., Van Dijk, J. And Oppewal, H., (1992), “Residential Choice Behaviour of Dual Earner Households: A Decompositional Joint Choice Model”, *Environment and Planning A*, Vol. 24, No. 4, pp. 517-533.
- Timmermans, H. J. And Zhang, J., (2009), “Modeling Household Activity Travel Behavior: Examples of State-Of-The-Art Modeling Approaches and Research Agenda”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 43, No. 2, pp. 187-190.
- Västberg, O. B., Karlström, A., Jonsson, D. And Sundberg, M., (2020), “A Dynamic Discrete Choice Activity-Based Travel Demand Model”, *Transportation Science*, Vol. 54, No. 1, Pp. 21-41.
- Wang, F. And Ross, C. L., (2018), “Machine Learning Travel Mode Choices: Comparing the Performance of An Extreme Gradient Boosting Model With A Multinomial Logit Model”, *Transportation Research Record*, Vol. 2672, No. 47, pp. 35-45.
- Yin, B. And Leurent, F., (2022), “What Are the Multimodal Patterns of Individual Mobility at The Day Level in The Paris Region? A Two-Stage Data-Driven Approach Based on the 2018 Household Travel Survey”, *Transportation*, pp. 1-30.
- Zhang, J., Timmermans, H. And Borgers, A. (2002), “Utility-Maximizing Model of Household Time Use for Independent, Shared, And Allocated Activities Incorporating Group Decision Mechanisms”, *Transportation Research Record*, Vol. 1807, No. 1, pp. 1-8.
- Zhang, J., Timmermans, H. J. And Borgers, A. (2005), “A Model of Household Task Allocation and Me Use”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 39, No. 1, pp. 81-95.
- and Resource Constraints”, *Transport Policy*, Vol. 38, pp. 52-63.
- Kapur, A. And Bhat, C. R., (2007), “Modeling Adults' Weekend Day-Time Use by Activity Purpose and Accompaniment Arrangement”, *Transportation Research Record*, Vol. 2021, No. 1, pp. 18-27.
- Kato, H. And Matsumoto, M., (2009), “Intra-Household Interaction in A Nuclear Family: A Utility Maximizing Approach”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 43, No. 2, pp. 191-203.
- Khan, N. A., Shahrier, H. And Habib, M. A., (2021), “Validation of An Activity-Based Travel Demand Modeling System”, *Transportation Letters*, pp. 1-15.
- Mcfadden, D., (1974), “The Measurement of Urban Travel Demand”, *Journal of Public Economics*, Vol. 3, No. 4, pp. 303-328.
- Miller, E. J., Roorda, M. J. And Carrasco, J. A. (2005), “A Tour-Based Model of Travel Mode Choice”, *Transportation*, Vol. 32, No. 4, pp. 399-422.
- Miller, E. J., Vaughan, J., King, D. And Austin, M., (2015), “Implementation of A Next Generation Activity-Based Travel Demand Model: The Toronto Case”, Presentation at The Travel Demand Modelling and Traffic Simulation Session of the 2015 Conference of The Transportation Association of Canada.
- Nayak, S. And Pandit, D., (2022), “Activity-Based Model: Requisite for A New Travel Demand Forecasting Approach for India”, *Proceedings of The Fifth International Conference of Transportation Research Group of India*, Springer, Singapore.
- Rahmati, Y. And Samimi, A., (2021), “Escort Patterns in Dual-Worker Households with Students”, *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, Vol. 5, No. 1, pp. 62-79.
- Rich, J., Prato, C. And Daly, A., (2010), “Activity-Based Demand Modelling on A Large Scale: Experience from The New Danish National Model”, *European Transport Conference (ETC)*, Glasgow Oct.
- Roorda, M., Miller, E. J. And Kruchten, N., (2006), “Incorporating Within-Household Interactions into Mode Choice Model with Genetic Algorithm for Parameter Estimation”, *Transportation Research Record*, Vol. 1985, No. 1, pp. 171-179.
- Schneider, F., Ton, D., Zomer, L. B., Daamen, W., Duives, D., Hoogendoorn-Lanser, S. And Hoogendoorn, S., (2021), “Trip

Modeling the Formation of Trip Chains Using the Household Activity Plans

Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Houria Ahmadi, M.Sc., Student, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Hamid Mirzahosseini, Associate Professor, Department of Civil - Transportation Planning, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

E-mail: zargari@iust.ac.ir

Received: March 2023- Accepted: August 2023

ABSTRACT

The activity plans of individuals and their characteristics play an important role in transportation models and related travel behaviors. Therefore, considering people individually without taking into account their role in the household and the effects of other household members on them reduces the accuracy and validity of transportation models. Therefore, in this paper, two separate models were developed, in one of which the individual was in the form of a household, and in the other, each household was considered as a decision-making unit. The data used in this paper was from a Washington household survey. The models were the multinomial logit in which the daily activity patterns of individuals were once considered to form a trip chain of individuals using the household activity plans and again for shared trips of households to calculate the utility of possible choice options for each individual and household and compare them with other options. The trip chain formation model was built with seven activity objectives of "work, education, companionship (escort), personal work (self-employment and virtual work with phone and internet), shopping, food, and social/recreational" and variables in categories of "type of individuals, age group, household income, household composition, gender/child," and the shared trip model was built with three types of activity patterns of "work, education, companionship (escort), personal work (self-employment and virtual work with phone and internet), This kind of behavior in the home and with other people will definitely have a big effect on how realistic the models are and, as a result, on progress and growth in the transportation planning.

Keywords: Daily Pattern of Individuals, Household Activity Plan, Trip Chain, Shared Travel, Utility