نقش محل سکونت، ساعت روز، و تاریخچه‌ی سفر در انتخاب مقصد سفرهای هیچ‌سرخانه[1]

محمد کرمانشاه (دانشیار)
دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

در این پژوهش مدل مرحله‌یی انتخاب مقصد ـ فعالیت در سفرهای هیچ‌سرخانه با توجه به ویژگی‌های رفتار واقعی سفر تهیه شده است. از ساختار مدل لوجیت آشیانه‌یی[2] که در آشیانه‌ی پایین آن انتخاب مقصد و در آشیانه‌ی بالا انتخاب فعالیت انجام می‌شود، استفاده شده است. انتقال اطلاعات از آشیانه‌ی پایین به آشیانه‌ی بالا و توسط شاخص‌های دسترسی مقصد صورت می‌گیرد. مدل‌های انتخاب مقصد برای فعالیت‌های خرید، تفریح و کار شخصی، و مدل‌های انتخاب فعالیت برای سفرهای با هدف فعالیت‌های بالا به علاوه‌ی سفر بازگشت موقت و دائم به خانه تهیه شده‌اند. در ساختار مدل‌ها علاوه بر متغیرهای سنتی متداول، از ویژگی‌های مؤثر در انتخاب مقصد و فعالیت ــ نظیر محل سکونت، ساعت شروع سفر و تاریخچه‌ی شرکت در فعالیت‌های روزانه ــ استفاده شده است. نتایج بررسی بر روی یک نمونه‌ی آماری از شهر مشهد حاکی از آن است که محل خانه نقش بسیار تعیین کننده در انتخاب مقصد سفرهای هیچ سرخانه دارد. همچنین، ساعت روز در مدل‌های انتخاب مقصد و فعالیت نیز دارای اهمیت است. وابستگی زمانی رفتار سفر که مدل‌های سنتی قادر به بازسازی آن نیستند، به‌خوبی توسط مدل‌ها نشان داده شده است. به‌علاوه، سابقه‌ی شرکت در فعالیت‌های روزانه و تاریخچه‌ی سفر در تصمیم‌گیری آینده‌ی انتخاب فعالیت مؤثر است.

مقدمه

در مطالعه‌ی پیشین[1] ویژگی‌های انتخاب فعالیت برای سفرهای خانه ـ ابتدا، با توجه به وابستگی‌های زمانی ـ مکانی و تاریخچه‌ی سفر مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که انتخاب فعالیت به ساعت روز و امکان دسترسی به فرصت‌های زمانی ـ مکانی بستگی دارد. همچنین، تاریخچه‌ی فعالیت روزانه بر تصمیم‌گیری درباره‌ی فعالیت آینده اثرگذار است. نتایج آن مطالعه نیز بر پیچیده بودن رفتار سفر شهری تأکید دارد. این مطالعه در راستای تلاش پیشین کوششی است برای شناسایی هر چه بهتر رفتار انتخاب فعالیت و مقصد سفر که به طور مشخص به بررسی سفرهای غیرخانه ـ ابتدا می‌پردازد.

تغییرات اساسی در رفتار سفر شهری در بسیاری از نقاط جهان، نه‌تنها موجب افزایش پیچیدگی‌های این‌گونه رفتار شده است[2]، بلکه به افزایش چشم‌گیر حجم سفرهای غیرخانه ـ ابتدا نیز انجامیده است. در نقاطی از دنیا کاهش انرژی و افزایش بهای سوخت سبب شده است تا افراد برای شرکت در فعالیت‌های غیرکاری خارج از خانه به تنظیم برنامه‌ی سفر روزانه‌ی خود در قالب سفرهای زنجیره‌یی[3] روی آورند.[3] محدودیت‌های زمانی و بودجه‌یی خانواده‌ها نیز بر «سبک زندگی[4]» آنها تأثیرگذار بوده، به‌نحوی که رفتار سفر آنها را دگرگون کرده است.[4] همچنین، افزایش تعداد افراد شاغل در خانوار به‌نوعی در برنامه‌ریزی سفرها و در نتیجه زنجیره‌یی شدن سفرهای روزانه سهم داشته است. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که رفتار آینده‌ی سفرهای شهری در چارچوب محدودیت‌های مکانی ـ زمانی[5] و بودجه‌یی شکل خواهد گرفت.

مدل‌های موجود در شناسایی پیچیدگی‌های رفتار سفر جدید همچنان از مفاهیم پیشین استفاده می‌کنند. مدل‌ها پیوستگی سفرها را در زنجیره‌های سفر نادیده گرفته،[5] سفرها را به مجموعه‌های مستقل از یکدیگر تقسیم کرده و جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند.[6و7] فعالیت‌های انتهای سفرها و ارتباط و اولویت آنها نسبت به یکدیگر در این مدل‌ها به‌صراحت و روشنی دیده نمی‌شود.[8و9] برنامه‌ریزی شرکت در فعالیت‌های خارج از خانه که در فرایند تصمیم‌گیری سفرهای زنجیره‌یی مشاهده می‌شود بازتابی در مدل‌ها ندارد و در انتخاب فعالیت‌های بعدی از عامل سابقه و تاریخچه‌ی شرکت در فعالیت‌های خارج از خانه، چشم‌پوشی می‌شود.[10و11] به علاوه، در ساختار مدل‌ها فضای محدودیتی زمانی ـ مکانی حاکم بر حرکت افراد ــ ناشی از عوامل مختلفی نظیر مسئولیت اجتماعی، تعهدات، امکانات محدود حمل و نقلی، و نیازهای روزمره‌ی آنها ــ نادیده گرفته می‌شود. متغیرهای نسبتاً

ساده‌یی در ساختار مدل‌ها به کار می‌روند و از نقش برجسته‌ی خانه در سفرهایی که مبدأ آنها خانه نیست اثری دیده نمی‌شود. ساختار خانواده و خصوصیات افراد آن و ویژگی‌های کاربری زمین به‌ندرت در ساختار مدل‌ها وارد شده‌اند و تأثیر عوامل یاد شده در انتخاب نوع فعالیت و محل انجام آن (مقصد سفر) نادیده گرفته می‌شود.

هدف این مطالعه در وهله‌ی نخست شناسایی ویژگی‌های پیچیده‌ی رفتار سفر شهری با تاکید بر وابستگی‌های زمانی ـ مکانی، و تاریخچه‌ی سفر روزانه در انتخاب فعالیت است. به‌علاوه، تهیه‌ی مجموعه‌یی از مدل‌های انتخابِ مقصد و فعالیت در سفرهایی که از غیرخانه شروع می‌شوند، هدف دیگر این پژوهش است. گستردگی مدل‌های انتخاب فعالیت این مطالعه به گونه‌یی است که علاوه بر متغیرهای به‌کار رفته در مطالعه‌ی قبلی[۱]، از نقش کلیدی «خانه» در قالب متغیر فاصله خانه ـ مقصد سفر نیز استفاده خواهد شد. تفاوت این دو متغیر با متغیر سنتی «فاصله‌ی مبدأ تا مقصد» که در مدل‌های موجود انتخاب مقصد به کار می‌رود، این پژوهش را از کارهای گذشته متمایز می‌سازد. بررسی میزان اثر عوامل جاذبه در مقصد سفر، به‌صورت مستقل، یا ترکیبی با ساعت روز، تاریخچه‌ی فعالیت‌ها و ویژگی‌های اقتصادی ـ اجتماعی بر انتخاب فعالیت و مقصد سفر، یکی دیگر از هدف‌های این مطالعه است. یادآور می‌شویم که برخی از این متغیرها در مطالعات قبلی به کار رفته، و برخی دیگر نظیر شاخص‌های دسترسی، در مطالعات مربوط به کاربرد مدل لوجیت آشیانه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.[۱۲و۱۳] براساس نتایج این مطالعه، به‌منظور پیش‌بینی بهتر رفتار سفر شهری می‌توان تغییراتی در مدل‌های انتخاب مقصد پیشنهاد داد.

پژوهش‌های پیشین

کاربرد مدل‌های انتخاب مقصد معمولاً برای سفرهایی است که از خانه شروع می‌شود، در یک مقصد متوقف می‌شود، و سپس با بازگشت به خانه خاتمه می‌یابد. انتخاب مقصد در سفرهای هیچ‌سرخانه، که مبدأ آن غیر از خانه است، به صورت کاملاً مجزا و مستقل از سایر سفرها انجام می‌شود. در این روش رفتار فرد در سفرهای زنجیره‌یی نادیده گرفته می‌شود. مدل‌های سنتی برهم‌کنش فضایی[۶]،نظیر مدل جاذبه، بر مبنای این نوع ساده‌سازیِ رفتاری استوار است.[۱۴] این ساده‌سازی در مدل‌های انتخاب مقصد نیز، به شکل وارد کردن مجموعه‌ی محدودی از ویژگی‌های گزینه‌های مقصد و فاصله‌ی مکانی مبدأ تا مقصد، دیده می‌شود. به‌طور کلی، این ساده‌سازی محدودیت‌هایی در درک و شناخت رفتارهای پیچیده در سفرهای زنجیره‌یی به‌وجود می‌آورد.[۵]

در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌یی در زمینه‌ی بهبود مدل‌های تقاضای سفر صورت گرفته است. بخش عمده‌ی این تلاش‌ها در پی نشان دادن همبستگی‌های موجود بین انتخاب‌های مقصد[۷] و انتخاب‌های فعالیت[۸] در تصمیم‌گیری‌های روزانه‌ی سفر است. دراین رابطه می‌توان از مدل‌های فرایند مارکف[۹] نام‌برد، که پیوند بین سفرها را در نظر می‌گیرند.[۱۵] گروهی از پژوهش‌گران از مدل‌های هم‌زمان به‌منظور بررسی و شناخت این وابستگی‌ها استفاده کرده‌اند[۱۶] و گروهی دیگر، انتخاب‌های مقصد و فعالیت را به صورت مرحله‌یی تحلیل کرده‌اند. آنها انتخاب هر مرحله را به فعالیت‌های انجام شده در گذشته[۱۷] و برنامه‌های سفر آینده[۱۸] وابسته دانسته‌اند.

در این مطالعه فرض می‌شود که انتخاب فعالیت‌ها به تاریخچه‌ی فعالیت‌ها بستگی دارد، ضمن آنکه انتخاب‌های مقصد تا حدی آینده‌گراست. چون رفتار سفر روزانه از تعدادی انتخاب مقصد تشکیل شده است، و این انتخاب‌ها حول خانه به‌مثابه یک پایگاه (محل آغاز و پایان سفرهای روزانه) شکل می‌گیرد، این مطالعه برای خانه در مدل‌های انتخاب مقصد نقش ویژه‌یی در نظر می‌گیرد. نقش خانه به عنوان محلی که افراد دیر یا زود به آن برمی‌گردند، در انتخاب مقصد بسیار با اهمیت است. فرض کنید فرد شاغلی پس از کار روزانه در راه بازگشت به خانه درصدد خرید است. بدیهی است انتخاب محل خرید در این سفر هیچ سرخانه (سفر با هدف خرید از محل کار) وابستگی زیادی با محل خانه پیدا می‌کند. مدل‌های سنتی توان توصیف این انتخاب را ندارند، زیرا عوامل دیگری ــ علاوه بر عوامل موجود در این گونه مدل‌ها ــ برای توصیف این رفتار لازم است. این مطالعه فاصله‌ی بین مقصدهای گزینه تا خانه را به عنوان عامل آینده‌گرایی انتخاب مقصد پیشنهاد می‌کند. بررسی‌های انجام شده درباره‌ی اهمیت محل خانه در انتخاب مقصد آینده نشانگر این نکته است که: در سفرهای زنجیره‌یی روزانه، افراد تمایل بیشتری به انتخاب مقصد در فاصله‌های دورتری از خانه دارند، در حالی‌که با نزدیک شدن به پایان روز (کاهش بودجه‌ی زمانی سفر) مقصدهای نزدیک‌تر به خانه انتخاب می‌شوند.[۱۹]

رفتار مورد اشاره در بالا نتیجه‌ی دیگری را نیز در بردارد:انتخاب فعالیت و محل انجام آن (مقصد) به ساعت روز بستگی دارد. مدل‌های سنتی تنها به بررسی انتخاب در دو دوره‌ی اوج ـ غیر اوج می‌پردازند و تغییرات زمانی انتخاب را نادیده می‌گیرند. این مطالعه در ادامه‌ی گسترش چارچوب پیشنهادی، علاوه بر وابستگی مکانی انتخاب فعالیت و مقصد، وابستگی زمانی انتخاب‌ها را نیز در نظر می‌گیرد. در ساختار مدل‌های پیشنهادیِ این مطالعه، از محل سکونت و ساعت روز به عنوان عوامل مکانی ـ زمانی استفاده می‌شود. به علاوه، ارتباط بین سفرهای متوالی به‌صورت ساختار مرحله‌یی و از طریق تاریخچه‌ی فعالیت‌ها برای سفرهای زنجیره‌یی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اگر شخصی در یک موقعیت غیر از منزل یک فرصت خرید یافته باشد و دو گزینه‌ی ۱ و ۲ با خصوصیات یکسان و نیز با فواصل برابر از موقعیت کنونی قرار داشته باشند و مرکز خرید ۱ نسبت به منزل، دو برابر دورتر از مرکز خرید ۲ باشد، در روش‌های مرسوم انتخاب مقصد برای این دو گزینه احتمال انتخاب یکسانی در نظر می‌گیرند، در حالی‌که تجربه نشان داده است که احتمال انتخاب مقصد نزدیک‌تر حدوداً ۴ برابر احتمال انتخاب مقصد دورتر است.[۱۱] این موضوع در مورد نقش ساعت روز در انتخاب مقصد برای خرید، مثلاً یک مجتمع فروشگاهی در انتهای روز ــ که به عنوان یک فرصت خرید محسوب نمی‌شود ــ نیز صادق است.

رویکرد مطالعه

مدل‌های انتخاب فعالیت و مقصد این مطالعه در یک فرایند دومرحله‌یی، که در آن انتخاب فعالیت و انتخاب مقصد در دو مرحله‌ی جداگانه صورت می‌گیرد، تهیه شده‌اند. ابتدا مدل‌های انتخاب مقصد برای فعالیت‌های داده شده تهیه می‌شوند، و سپس مدل‌های انتخاب فعالیت ساخته می‌شوند. براین اساس، مدل‌های انتخاب مقصد شامل گزینه‌های مقصد ـ غیرخانه است. جزییات ساختار مدل‌های این مطالعه قابل دسترسی است.[۱۱]

در فرایند انتخاب فعالیت و مکان آن، علاوه بر زمان حضور در یک مکان و میزان توقف در آن که بسیار مورد نظر است، نوع فعالیت نیز نقش دارد. شرکت در فعالیت‌های اجباری (مانند کار و تحصیل) بسیار متفاوت با شرکت در فعالیت‌های اختیاری (مانند تفریح یا خرید) است. انعطاف‌پذیری در فعالیت‌های اختیاری از نظر محل، زمان و مدت فعالیت بسیار بیشتر از فعالیت‌های اجباری است.

در این مطالعه، به بررسی فعالیت‌های اختیاری بسنده می‌کنیم. همچنین سفرها را در قالب زنجیره سفرهایی که از خانه شروع شده و به خانه ختم می‌شوند بررسی می‌کنیم. در حالی‌که زنجیره سفرها ناشی از تنوع فعالیت‌ها و نحوه‌ی ارتباط آنها با یکدیگر است، این زنجیره‌ها به‌نوبه‌ی خود بر انتخاب فعالیت اثر می‌گذارند. به علاوه، شرایط محیطی متفاوت نیز در انتخاب فعالیت‌ها در مکان‌های مختلف نقش دارد. مثلاً، در دسترس بودن فعالیت‌های گوناگون (باز بودن مغازه‌ها یا پارک‌های عمومی تا دیروقت) یا افزایش گستره‌ی زمانی ـ مکانی عرضه‌ی حمل و نقل (تغییر زمان ارائه‌ی خدمات تقلیه‌ی عمومی در سطح پوششی وسیع‌تر)، اثر مهمی بر انتخاب فعالیت در چارچوب زنجیره سفرها می‌گذارد.

افراد برنامه‌ی سفرهای روزانه خود را به صورت مجموعه‌یی از فعالیت‌های مورد نظر که در دوره‌ی زمانی مشخص انجام می‌گیرد، تنظیم می‌کنند. در این برنامه‌ریزی ارتباط فعالیت‌ها با یکدیگر، محدودیت‌های زمانی ـ مکانی، بودجه‌ی اثرگذار بر برنامه‌ی سفر، و سایر عوامل مؤثر به‌نحوی مورد توجه قرار می‌گیرند. بدون شک، شناسایی عوامل کلی اثرگذار بر رفتار سفر بسیار پیچیده است.

همان‌گونه که اشاره شد، تهیه‌ی مدل‌های انتخاب فعالیت و مقصد در دو مرحله صورت می‌گیرد. این مطالعه نیز مانند بسیاری از پژوهش‌های قبلی از ساختار مدل لوجیت چندگانه ساده در تهیه مدل‌های دو مرحله استفاده می‌کند. بدین ترتیب، ساختار کلی مدل‌سازی از نوع لوجیت آشیانه‌یی است: ابتدا مدل فردی انتخاب مقصد برای هر فعالیت تهیه می‌شود، سپس مطلوبیت قابل انتظار فرد از پرجاذبه‌ترین مقصد برای انجام آن فعالیت به عنوان ویژگی مکانی آن فعالیت، همراه با سایر ویژگی‌ها، در مرحله‌ی تهیه مدل انتخاب فعالیت وارد می‌شود. بیشینه‌ی مطلوبیت قابل انتظار حاصل از مدل انتخاب مقصد که از آن به عنوان شاخص دسترسی نیز یاد می‌شود، شامل زمان سفر از مبدا به فرصت‌هاست (مقصدهای سفر)، و به نوعی بیانگر هزینه‌ی شرکت در فعالیت از مبدأ است.

در مدل لوجیت انتخابِ مقصدِ هیچ سرخانه، احتمال انتخاب به‌صورت تابعی از زمان، مکان، تاریخچه، و دیگر عوامل مؤثر به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$P_a(i, j, t)=\exp[V_a(i,j,t)] / \sum_K \exp[V_a(i,k,t)]=$$

$$V_a(i,j,t)=V_a[d_{ij},d_{ih},A_j,T,y,c] \qquad (۱)$$

برای J ,...,۱ = j که در آن:

J = تعداد گزینه‌های مقصد؛

a = نوع فعالیت که برای آن انتخاب مقصد صورت می‌گیرد؛

$P_a(i, j, t)$ = احتمال انتخاب مقصد j برای انجام فعالیت a توسط فرد در مبدأ i در زمان t؛

$V_a(i, j, t)$ = مطلوبیت مقصد j برای انجام فعالیت a توسط فرد در مبدأ i در زمان t؛

A_j = بردار ویژگی‌های مقصد j؛

t = ساعت روز؛

y = تاریخچه‌ی فعالیت؛

c = بردار خصوصیات اقتصادی ـ اجتماعی فرد؛

d_{jh} = زمان سفر بین خانه و مقصد j؛ و

d_{ij} = زمان سفر بین مبدأ i و مقصد j.

ساختار مدل بالا به‌وسیله‌ی متغیرهای توصیفی تاریخچه‌ی رفتار سفر روزانه، ساعت روز، و d_{jh}، زمان بین خانه و مقصد j، نشان داده می‌شود. زمان d_{jh} علاوه بر زمان سفر مبدأ ـ مقصد d_{ij} است که در مدل‌های سنتی انتخاب مقصد دیده می‌شود. سایر عوامل شامل

ویژگی‌های مقصد و خصوصیات اقتصادی ـ اجتماعی فرد است.

پس از تهیه‌ی مدل انتخاب مقصد احتمال شرطی انتخاب فعالیت به‌عنوان تابعی از زمان، مکان، تاریخچه، و دیگر عوامل مؤثر با استفاده از ساختار مدل لوجیت چندگانه به صورت زیر بیان می‌شود:

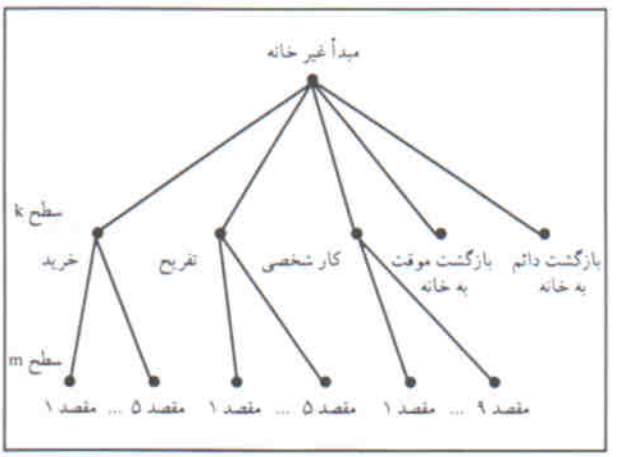
$$P[a_n=a \mid t_n=t;y,I_a(i,t),e]=$$

$$\exp\{V_a[t,y,I_a(i,t),e]\}/\sum\exp\{V_k[t,y,I_k(i,t),e]\} \quad (۲)$$

که a_n فعالیت انتخابی در گام n، t_n زمان شروع فعالیت، و $I_a(i,t)$ شاخص دسترسی مبدأ i برای فعالیت a در زمان t است. سایر متغیرها همان تعریف پیشین را دارند.

مدل لوجیت آشیانه‌یی، تقریباً از تمام خصوصیات لوجیت ساده برخوردار است، ضمن آنکه در ساختار مرحله‌یی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه فرایند تصمیم‌گیری فرد در سفرهای روزانه با انتخاب یک فعالیت شروع شود، و سپس بر آن فعالیت، انتخاب مقصد صورت گیرد. مدل لوجیت آشیانه‌یی ابتدا گزینه‌های آشیانه(های) پایین را با یکدیگر مقایسه می‌کند (برآورد احتمال نسبی مشروط هر یک از مقصدها) و سپس بیشینه‌ی مطلوبیت قابل انتظار حاصل از گزینه‌های آشیانه(های) پایین را برآورد می‌کند (برآورد شاخص دسترسی مقصدهای آن فعالیت). بیشینه‌ی مطلوبیت قابل انتظار به‌عنوان ویژگی فعالیت در آشیانه‌ی بالا همراه با سایر ویژگی‌های گزینه‌های این سطح در برآورد احتمالِ انتخاب شرکت می‌کند. در این روش ابتدا مدل لوجیت‌ساده برای آشیانه‌ی پایین ساخته می‌شود که نتایج آن در ساخت مدل آشیانه‌ی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۱ ساختار مدل لوجیت آشیانه‌یِ این مطالعه را نشان می‌دهد.

جزییات بیشتر درباره‌ی ساختار مدل لوجیت آشیانه‌یی در ادامه آمده است:[۱۲]



شکل ۱. ساختار مدل لوجیت آشیانه‌یی در سفرهای غیرخانه ـ ابتدا.

گام ۱. برآورد احتمال شرطی هر یک از گزینه‌ها در آشیانه‌ی پایین (در سطح m) برابر است با:

$$p(m \mid k)=\frac{\exp(V_m)}{\sum_{m'\in M_k}\exp(Vm')} \quad (۳)$$

M_k مجموعه گزینه‌های مقصد m برای فعالیت k است.

گام ۲. برآورد احتمال حاشیه‌یی هر یک از گزینه‌ها در آشیانه‌ی بالا برابر است با:

$$I_k=E[\max(V_i)]=\ell n\sum_{m'\in M_k}\exp(V_{m'}) \quad (۴)$$

گام ۳. برآورد احتمال حاشیه‌یی هر یک از گزینه‌ها در آشیانه‌ی بالا برابر است با:

$$P(k)=\frac{\exp(V_k+\phi_k I_k)}{\sum_{k'\in K}\exp(V_{k'}+\phi_{k'}I_{k'})} \quad (۵)$$

گام ۴. برآورد احتمال حاشیه‌یی هر یک از گزینه‌های آشیانه‌ی پایین از رابطه‌ی ۶ نتیجه می‌شود:

$$P(m^*)=P(k^*)\times P(m^* \mid k^*) \quad (۶)$$

که در آن علامت * انتخاب مورد نظر را نشان می‌دهد.

ویژگی مهم ساختار مدل لوجیت آشیانه‌یی به محدوده‌ی قابل قبول ضریب بیشینه‌ی مطلوبیت قابل انتظار (I_k) مربوط می‌شود. ضریب ϕ باید شرط $۰ \le \phi \le ۱$ را دارا باشد. در حالتی که $\phi = ۱$ باشد، نتایج حاصل با نتایج به دست آمده از لوجیت چندگانه‌ی ساده یکسان است. برآورد بزرگ‌ترین درست‌نمایی[۱۰] روش متداول در پرداخت مدل لوجیت است.[۲۰] تابع احتمال به صورت زیر است:

$$L(\beta_1,\dots,\beta_k)=\prod_{n=1}^{N}\prod_{i\in S}(P_n(i))^{y_{in}} \quad (۷)$$

که در آن

N = تعداد مشاهدات در نمونه‌ی مورد نظر؛

S = مجموعه گزینه‌ها؛

$P_n(i)$ = احتمال گزینه‌ی i در مشاهده‌ی n.

$$y_{in}=\begin{cases}۱ & \text{اگر در مشاهده‌ی n گزینه‌ی i انتخاب شده باشد.}\\ ۰ & \text{در غیر این‌صورت}\end{cases}$$

با استفاده از لگاریتم L، تحت عنوان L^* مسئله راحت‌تر مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای به دست آوردن βها، از برابر صفر قرار دادن مشتق جزیی L^* نسبت به هر یک از βها استفاده می‌شود.

اگر در L^* تمام ضرایب تابع مطلوبیت را برابر صفر قرار دهیم، $L^*(\circ)$ به دست خواهد آمد که در آن تمام گزینه‌ها دارای احتمال برابرند. مقدار $L^*(\circ)$ یک عدد منفی بزرگ است. چنانچه در L^* ضرایب تابع مطلوبیت را برابر با مقادیر برآورد شده قرار دهیم، $L^*(\beta)$ حاصل می‌شود و چنانچه در تابع L^* تمام ضرایب تابع مطلوبیت به جز ثابت‌ها صفر شوند، $L^*(C)$ به دست خواهد آمد. هر سه مقدار $L^*(\circ)$، $L^*(\beta)$ و $L^*(C)$ منفی بوده و بین آنها رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$L^*(\circ) \le L^*(C) \le L^*(\beta) \qquad (۸)$$

ρ^2 عبارت است از شاخص برازندگی مدل، که نشانگر مقایسه‌ی نتایج مدل با مشاهدات است. مقدار این شاخص برابر است با:

$$\rho^2 = 1 - \frac{L^*(\beta)}{L^*(\circ)} \qquad (۹)$$

مقدار ρ^2 مشابه ضریب تشخیص R^2 بین ۰ و ۱ تغییر می‌کند، و در کاربرد آن در مقایسه با R^2 نیز احتیاط بیشتری لازم است.

شاخص برازندگی دیگری که مورد استفاده قرار می‌گیرد شاخص نسبت احتمال تصحیح شده، $\bar{\rho}^2$، با رابطه‌ی زیر است:[۲۱]

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{L^*(\beta) - k}{L^*(\circ)} \qquad (۱۰)$$

که در آن k تعداد ضرایب استفاده شده در مدل است.

در ساختار لوجیت آشیانه‌یی که از تعدادی لوجیت ساده تشکیل شده، برازندگی کل مدل از رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود:

$$\rho^2 = 1 - \{[L_1^*(\beta) + L_2^*(\beta) + \ldots + L_J^*(\beta)] / [L_1^*(\circ) + L_2^*(\circ) + \ldots + 1_J^*(\circ)]\} \qquad (۱۱)$$

در بررسی اهمیت مجموعه‌یی از متغیرها، از آزمون χ^2 استفاده می‌شود. مقدار χ^2 برابر است با $2 - [L^*(C) - L^*(\beta)]$ - که در سطح اهمیت α با مقادیر نظیر از جدول توزیع χ^2 مقایسه شده کمیت مجموعه‌ی متغیر به کار رفته را نشان می‌دهد. همچنین، میزان اهمیت هر یک از متغیرهای مستقل از طریق آزمون t تعیین می‌شود. برای آنکه متغیری در سطح اطمینان مذکور دارای اهمیت تلقی شود، کافی‌است مقدار t محاسبه شده با مقدار نظیر از جدول t برای سطح اهمیت α مقایسه شود.

نمونه‌ی آماری

نمونه‌ی آماری به کار رفته در این مطالعه مشابه مطالعه‌ی قبلی است.[۱] سفرهای روزانه‌ی شهروندان مشهدی ساکن در ۴۳ ناحیه‌ی ترافیکی مورد مطالعه قرار گرفته است. تنها سفرهایی که مبدأ و مقصد آنها درون نواحی ۴۳ گانه‌ی شهر مشهد است، در محاسبات منظور شده‌اند. به‌منظور ایجاد هماهنگی بین اطلاعات اولیه با تقسیم‌بندی ۴۳ ناحیه‌یی مورد نیاز این پژوهش، در نمونه‌ی اطلاعاتی این مطالعه خانواده‌های دارای وسیله‌ی نقلیه‌ی شخصی (سواری یا وانت) انتخاب شده‌اند. از سفرهای افراد زیر ۱۸ سال، با هدف‌های کار، تفریح و زیارت چشم‌پوشی شده است. همچنین اطلاعات سفر افرادی که زنجیره سفر ناقص داشتند و یا تعداد سفرهای آنها کمتر از ۲ بود نیز حذف شد. نمونه‌ی آماری حاوی خصوصیات مقصدهای سفر مانند جمعیت، مالکیت اتومبیل، تعداد تخت‌های بیمارستانی، مساحت پارک‌های هر ناحیه و فاصله‌ی زمانی بین نواحی است.

در این مطالعه سفرهای غیرخانه ـ ابتدا برای انجام پنج نوع فعالیت تفریح، خرید، کارشخصی، بازگشت موقت به خانه و بازگشت دائم به خانه مورد بررسی قرار گرفته است. سفر تفریحی شامل سفرهای با هدف دیدار نزدیکان و تفریح می‌شود و کارشخصی از سه هدف سفر مراجعه به ادارات، موارد پزشکی، و سایر تشکیل شده است. سفر بازگشت به خانه به دو بازگشت موقت و دائم به منزل تقسیم می‌شود. اگر سفرهای روزانه‌ی شخص، پس از سفر بازگشت به خانه، ادامه یافته باشد بازگشت وی موقت، و در غیر اینصورت ــ اتمام سفرهای روزانه شخص ــ بازگشت از نوع دائم خواهد بود. در نمونه‌ی آماری تعداد سفرهای با هدف‌های خرید، تفریح، و کار شخصی به ترتیب ۱۲۲۷، ۱۹۶۰، و ۲۳۶۷ سفر است. سفرهای بازگشت به خانه ۱۰۷۴۲ سفر است که از این تعداد، ۷۰۲۴ سفر بازگشت موقت، و بقیه بازگشت دائم به خانه را تشکیل می‌دهد.

برای هر یک از هدف سفرهای خرید، تفریح، و کارشخصی یک ماتریس سفر ۴۳×۴۳ تشکیل یافت که درایه‌ی a_{ij} هر یک از این ماتریس‌ها نشان‌دهنده‌ی تعداد سفرهای مشاهده شده با هدف مورد نظر، از مبدأ i به مقصد j است. از این ماتریس برای انتخاب گزینه‌های مقصد استفاده شده است. یعنی شخصی که در ناحیه‌ی i قرار دارد برای انتخاب می‌تواند هر یک از ۴۳ مقصد را انتخاب کند مشروط بر آنکه مقصد فوق در ماتریس مشاهده‌ی سفر حداقل یک‌بار به‌عنوان مقصد انتخاب شده باشد (خانه‌های غیر صفر ماتریس). در این صورت شخص دارای تعدادی انتخاب است. جهت کاهش تعداد این مجموعه انتخاب، از انتخاب تصادفی دسته‌بندی شده استفاده شد. سپس خصوصیات مورد نیاز هر یک از ناحیه‌های انتخاب شده و سایر اطلاعات لازم در مقابل هر سفر قرار گرفت.

متغیرهای توصیفی

جدول ۱ فهرست متغیرهای توصیفی مورد استفاده در این پژوهش را

جدول ۱. فهرست متغیرهای مورد استفاده در فرایند تهیه مدل‌های انتخاب مقصد و فعالیت.[۱]

گروه متغیر	علامت اختصاری	توصیف متغیر
ویژگی‌های اقتصادی ـ اجتماعی(e)		
تعداد سواری شخصی	NCARS	تعداد سواری‌های در تملک خانوار.
تعداد فرزندان	NCHLD	تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال خانوار.
ویژگی‌های مقصد سفر (A_j)		
جمعیت	POP	جمعیت ناحیه.
تعداد واحد کسبی	NSTOR	تعداد واحدهای کسبی در ناحیه.
مساحت پارک‌ها	SPARK	مساحت پارک‌های تفریحی ناحیه برحسب هکتار.
تعداد تخت بیمارستانی	NBED	تعداد تخت‌های بیمارستان در ناحیه.
سرانه‌ی سواری شخصی	CAR	سرانه‌ی سواری شخصی در تملک خانوار.
ناحیه‌ی مرکزی شهر	D_C	۱، اگر ناحیه مقصد سفر در محدوده مرکزی شهر قرار داشته باشد؛ ۰، غیر از آن.
ساعت روز (t)		
تابعی از ساعت روز		t ،t^2 ،e^t ،e^{-t} ،$n(t)/t$ به ساعت است.
ساعت کار واحدهای کسبی (۱ ـ ۰)	$D_s(t)$	۱، اگر t بین ۸ صبح تا ۹ شب باشد؛ ۰، غیر از آن.
ساعت کار ادارات (۱ ـ ۰)	$D_b(t)$	۱، اگر t بین ۸ صبح تا ۵ بعدازظهر باشد؛ ۰، غیر از آن.
زمان سفر (d)		
زمان سفر مبدأ ـ مقصد	d_{ij}	برحسب دقیقه از نتایج تخصیص وضع موجود.
زمان سفر مقصد تا خانه	d_{jh}	
تاریخچه فعالیت (y)		
تعداد زنجیره‌های سفر	NCHAIN	تعداد زنجیره‌های سفر هر فرد تا قبل از فعالیت موجود.
زمان خارج از خانه	OHTIME	زمان سپری شده در خارج از خانه توسط فرد تا قبل از فعالیت موجود.
شرکت در فعالیت در زنجیره سفر قبلی	SHP	۱، اگر در زنجیره سفر قبلی فرد سفر خرید باشد؛ ۰، غیر از آن.
	SRP	۱، اگر در زنجیره سفر قبلی فرد سفر تفریح باشد؛ ۰، غیر از آن.
	PBP	۱، اگر در زنجیره سفر قبلی فرد سفر کار شخصی باشد؛ ۰، غیر از آن.
شرکت در فعالیت در زنجیره سفر فعلی	SHC	۱، اگر در زنجیره سفر فعلی فرد سفر خرید باشد؛ ۰، غیر از آن.
	SRC	۱، اگر در زنجیره سفر فعلی فرد سفر تفریح باشد؛ ۰، غیر از آن.
	PBC	۱، اگر در زنجیره سفر فعلی فرد سفر کار شخصی باشد؛ ۰، غیر از آن.
شاخص دسترسی (I_a)		
دسترسی ناحیه‌ی i برای انجام فعالیت a در زمان t	$I_a(i,t)$	$I_a(i,t) = E[\max(U_a(i,j,t)] = 1/n \sum_j \exp[V_a(i,j,t)]$

نشان می‌دهد. به طور کلی، این متغیرها در شش گروه دسته‌بندی شده‌اند. گروه اول، متغیرهای نشان‌دهنده‌ی وضعیت اقتصادی ـ اجتماعی خانواده‌اند. از جمله متغیرهای استفاده شده در این گروه می‌توان به تعداد وسایل نقلیه خانوار ــ به عنوان شاخصی از میزان درآمد خانواده ــ و تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال خانواده اشاره کرد. در گروه دوم متغیرهای خصوصیات مقصد سفر (ناحیه) مانند جمعیت، تعداد واحدهای کسبی، مساحت پارک‌ها، تعداد تخت‌های بیمارستانی، سرانه‌ی سواری شخصی به‌عنوان جاذبه‌ی مقصد، و متغیر ساختگی ۱ـ۰ نشان‌دهنده‌ی واقع شدن مقصد سفر در محدوده‌ی مرکزی شهر در این گروه قرار دارند. گروه سوم را متغیرهایی تشکیل می‌دهند که بیانگر خصوصیات زمانی‌اند. در این گروه ساعت روز و توابع مختلف آن، مانند e^t و e^{-t} قرار دارند. همچنین متغیرهای ساختگی ۱ـ۰ مربوط به ساعات کار روزانه واحدهای کسبی و ساعات کار ادارات در این گروه قرار دارند. در گروه چهارم متغیرهای مرتبط با خصوصیات مکانی مبدأ یا مقصد، مانند فاصله‌های زمانی بین مبدأ تا مقصد و مقصد تا منزل قرار دارند. متغیرهای بیان‌کننده‌ی تاریخچه‌ی فعالیت‌های روزانه، نظیر تعداد زنجیره سفر هر فرد، زمان سپری شده در خارج از منزل تا قبل از فعالیت موجود، و دو مجموعه متغیر ساختگی بیانگر وضعیت فعالیت در زنجیره سفر فعلی و زنجیره‌های قبلی. متغیرهای گروه پنجم را

تشکیل داده‌اند. گروه ششم شامل شاخص‌های دسترسی مقصدهای سفر در آشیانه‌های پایین است که به‌صورت بیشینه‌های احتمال برای استفاده در آشیانه‌های بالا محاسبه شده‌اند.[۱]

مدل‌های انتخاب مقصد غیرخانه ـ ابتدا

همان‌گونه که اشاره شد، ابتدا مدل‌های انتخاب مقصد برای انواع مشخصی از فعالیت‌ها و به‌منظور تعیین شاخص‌های دسترسی که به عنوان ویژگی مکانی در مدل‌های انتخاب فعالیت به کار می‌روند، برآورد می‌شوند. در این برآوردها انواع مختلف مدل‌های انتخاب مقصد مورد بررسی قرار گرفته، بهترین مدل‌ها انتخاب می‌شوند. سپس، در مرحله‌ی دوم بهترین مدل‌های انتخاب فعالیت حاوی برآورد شاخص دسترسی از مرحله‌ی اول، برگزیده می‌شوند.

مدل‌های انتخاب مقصد در سفرهای غیرخانه ـ ابتدا برای هدف‌های سفر خرید، تفریح و کار شخصی تهیه شده‌اند. (انتخاب محل خانه در مورد فعالیت بازگشت به خانه بی‌معناست.) در فرایند پرداخت هر یک از انواع مدل‌های بالا، در هر مرحله متغیرهای توصیفی وارد ساختار مدل می‌شوند و اهمیت آنها در افزایش برازندگی مدل ارزیابی می‌شود و در نهایت، مناسب‌ترین مدل برگزیده می‌شود. ضرایب هر یک از انواع مدل‌ها با استفاده از مجموعه‌ی انتخاب مقصد، شامل مقصد برگزیده‌ی واقعی و ۴ مقصد برای خرید، ۴ مقصد برای تفریح و ۸ مقصد برای کارشخصی که همگی به‌طور اتفاقی انتخاب شده‌اند، برآورد می‌شوند. مدل‌هااحتمال شرطی انتخاب مقصد برای نوع فعالیت داده‌شده را توصیف می‌کنند.

نتایج نهایی پرداخت مدل‌های انتخاب مقصد برای هدف سفر خرید، تفریح و کارشخصی پس از بررسی تعداد زیادی مدل در جدول ۲ گزارش شده است. ساختار مدل‌های نهایی نسبتاً ساده است و سه گروه متغیر، زمان سفر، ساعت روز، و جاذبه‌های مقصد را شامل می‌شوند. مدل‌های متغیرهای ترکیبی شاخص‌های زمان سفر و تاریخچه‌ی فعالیت یا ویژگی‌های اقتصادی ـ اجتماعی به‌منظور شناسایی اثرات متغیر آخری بر انتخاب مقصد، به‌ویژه بر طول سفر، برآورد شدند. ولی ویژگی‌های اقتصادی ـ اجتماعی و تاریخچه‌ی سفرها در ساختار مدل‌ها از اهمیت چندانی برخوردار نبودند.

در جدول ۲ علامت مثبت ضریب یک متغیر در مدل به‌معنای بیان حالتی است که آن متغیر احتمال نسبی انتخاب مقصد را افزایش می‌دهد، و علامت منفی ضریب بیانگر وضعیتی است که این احتمال کاهش می‌یابد. تمام متغیرهای زمان سفر با علامت منفی در مدل‌ها ظاهر شده‌اند، که کاملاً قابل انتظار است. از سوی دیگر، متغیرهای بیانگر جاذبه در مقصد نیز غالباً با علامت قابل انتظار مثبت نتیجه

جدول ۲. مدل‌های انتخاب مقصد سفرهای غیرخانه ـ ابتدا.

متغیر	نوع فعالیت		
	خرید	تفریح	کارشخصی
d_{ij}		-۰/۰۳۶۶ (-۲/۹۳)	-۰/۰۵۰۴ (-۳/۹۱)
$/ n(t)d_{ij}$	-۰/۰۳۹۴ (-۳/۴۱)		
d_{jh}	-۰/۰۹۱۷ (-۳/۴۹)		
$/ n(t)d_{jh}$		-۰/۰۱۵۷ (-۳/۷۳)	-۰/۰۲۹۰ (-۵/۳۸)
POP	-۰/۷۸۵۰ (-۷/۴۷)	۰/۰۲۴۱ (۱/۶۵)	-۰/۰۲۹۴ (-۲/۰۲)
$(NSTOR)D_s(t)\times D_c$	۰/۱۵۱۲ (۵/۵۲)		
$(NSTOR)D_b(t)\times CAR$			۰/۰۲۳۴ (۶/۷۳)
$(NSTOR)\times CAR$		۰/۰۲۰۷ (۵/۴۹)	
SPARK		۰/۰۱۱۴ (۳/۶۷)	
$L(\circ)$	-۴۳۴/۵۵	-۸۰۲/۱۳	-۸۶۵/۳۰
$L(\beta)$	-۳۵۲/۳۴	-۶۶۳/۴۲	-۷۴۲/۹۳
اندازه‌ی نمونه	۱۲۲۷	۱۹۶۰	۲۳۶۷
ρ^2	۰/۱۸۹	۰/۱۷۳	۰/۱۴۱
χ^2	۱۶۴/۴۲	۲۷۷/۴۲	۲۴۴/۷۴
df	۴	۵	۴

توضیح: $L(\circ)$ = لگاریتم بیشینه احتمال بدون ضرایب.
$L(\beta)$ = لگاریتم بیشینه احتمال با ضرایب مدل.
مقدار χ^2 برابرست با $-2[L(\circ)-L(\beta)]$.
( ): آماری t.

شده‌اند. نقش منفیِ جمعیت در مدل‌های انتخاب مقصد خرید و کار شخصی شاید ناشی از مسکونی بودن ناحیه‌های پرجمعیت باشد که در نتیجه‌ی آن، امکان انتخاب مقصد سفر خرید یا کار شخصی در این نواحی کمتر است.

نتایج پرداخت مدل‌های فرضیه اهمیت محل خانه را در انتخاب مقصد سفرهای غیرخانه ـ ابتدا نشان می‌دهد. بررسی مقادیر آماری t حاکی از اهمیت قابل مقایسه‌ی متغیر d_{jh} نسبت به متغیر سنتی فاصله‌ی مبدأ تا مقصد (d_{ij}) است. مشابه همین نتیجه را می‌توان از جدول ۳ گرفت. در این جدول مجموعه‌یی دیگر از مدل‌های انتخاب مقصد بدون اثر ساعت روز تهیه شده‌اند تا مقایسه‌ی نسبی d_{ij} و d_{jh} را ساده‌تر سازند. مشاهده می‌شود که ضرایب این دو متغیر و مقادیر آماری t آنها برای مدل‌های خرید و تفریح بسیار نزدیک به

جدول ۳. مدل‌های انتخاب مقصد سفرهای غیرخانه ـ ابتدا بدون اثر ساعت‌روز.

متغیر	نوع فعالیت		
	خرید	تفریح	کارشخصی
d_{ij}	-۰/۰۹۲۶	-۰/۰۳۶۴	-۰/۰۴۹۴
	(-۳/۶۶)	(-۲/۸۹)	(-۳/۶۷)
d_{jh}	-۰/۰۸۶۹	-۰/۴۰۳	-۰/۰۶۸۸
	(-۳/۴۴)	(-۳/۶۱)	(-۵/۲۲)
POP	-۰/۱۵۱۲	۰/۰۲۴۱	-۰/۰۲۹۶
	(-۶/۲۸)	(۱/۶۵)	(-۲/۰۵)
$(NSTOR)D_s(t)\times D_c$	۰/۱۵۵۳		
	(۵/۵۸)		
$(NSTOR)D_b(t)\times CAR$			۰/۰۲۳۳
			(۶/۲۲)
$(NSTOR)\times CAR$		۰/۰۲۰۸	
		(۵/۵۳)	
SPARK		۰/۰۱۱۴	
		(۳/۶۷)	

یکدیگرند. در مدل کار شخصی ضریب آماری t و متغیر d_{jh}، هر دو حدود ۱/۵ برابر مقادیر نظیر d_{ij} هستند.

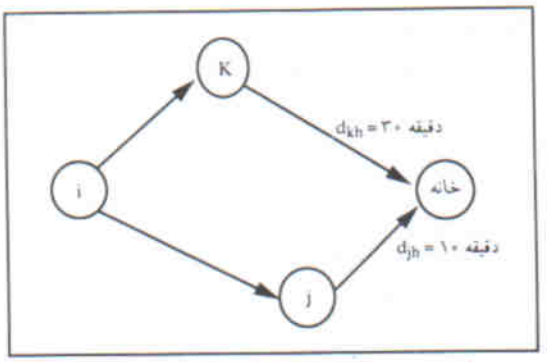
اثر محل سکونت در انتخاب مقصد را می‌توان به‌صورت مثالی برای سفر خرید که پیش از این به آن اشاره شد، نشان داد. فرض کنید فردی در مبدأ غیرخانه i درصدد انتخاب مقصدی برای خرید است. همچنین فرض کنید دو فرصت j و k با ویژگی‌های یکسان وجود دارند (یعنی، $A_j = A_k$) و فاصله‌ی آنها از مبدأ یکسان است (یعنی، $d_{ij}=d_{ik}$). حال اگر فاصله‌ی فرصت k از محل سکونت ۲ برابر فاصله‌ی j از محل سکونت باشد (یعنی d_{kh} برابر ۳۰ دقیقه و d_{jh} برابر ۱۵ دقیقه باشد)، مدل‌های سنتی انتخاب مقصد برای هر دو مقصد j و k احتمال یکسان برآورد می‌کنند، در حالی‌که مدل نهایی انتخاب مقصد برای خرید این مطالعه در جدول ۲ نتیجه‌ی زیر را برآورد خواهد کرد:

$$P(i, j, t) / P(i, k, t) = \exp[-۰/۰۹۱ (۱۵-۳۰)] = ۳/۹۲$$

که به‌معنای احتمالی حدود ۴ برابر برای انتخاب مقصد نزدیک‌تر به محل سکونت نسبت به سایر مقاصد است. شکل ۲ این مثال را نشان می‌دهد.

مدل‌های سنتی انتخاب مقصد قادر به منظور کردن اثر محل خانه بر انتخاب مقصد در سفرهای غیرخانه ـ ابتدا نیستند. این مطالعه با وارد کردن متغیر فاصله‌ی مقصد تا خانه در ساختار مدل انتخاب مقصد به‌خوبی امکان بازسازی رفتار واقعی سفر را فراهم ساخته است.

حضور متغیر ساعت روز (زمان شروع سفر) بر مبنای این برداشت از سفر است که زمان بر انتخاب فعالیت و محل آن تأثیر



شکل ۲. تأثیر محل سکونت بر انتخاب مقصد در سفرهای غیرخانه ـ ابتدا.

می‌گذارد. اگر چه مطالعات کمی درباره‌ی وابستگی زمانی انتخاب مقصد صورت گرفته است[۱۰]، ولی نتایج بالا حاکی از آن است که با گذشت زمان در طول روز محدودیت زمانی بیشتر می‌شود، و در نتیجه تأثیر منفی فاصله مبدأ تا مقصد بر انتخاب مقصد بیشتر می‌شود. به عبارت دیگر، افراد در ساعت پایانی روز اقدام به انتخاب مقصد خرید در سفرهای کوتاه‌تر از مبدأ غیرخانه می‌کنند.

برای سفرهای تفریح و کارشخصی متغیر ترکیبی ساعت روز با فاصله‌ی مقصد تا خانه بیانگر شکلی دیگر از تأثیر ساعت روز بر انتخاب مقصد این دو نوع سفر است. مقصدهای سفرهای تفریحی و کارشخصی در ساعات پایانی روز نزدیک‌تر به خانه انتخاب می‌شوند.

مدل انتخاب فعالیت در سفرهای غیرخانه ـ ابتدا

آشیانه بالای مدل لوجیت آشیانه‌یی در سفرهای غیرخانه ابتدا منحصر به انتخاب فعالیت، شامل سه نوع فعالیت خرید، تفریح، و کار شخصی، و دو فعالیت بازگشت موقت، و بازگشت دائم به خانه می‌شود. فعالیت اخیر از آن‌رو که افراد در پایان روز به خانه برمی‌گردند انتخاب شده است. شکل ۱ نمودار فرایند انتخاب مقصد و فعالیت را نشان می‌دهد.

پرداخت مدل‌های انتخاب فعالیت ابتدا بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های مکانی صورت می‌گیرد، سپس ویژگی مکانی مقصدهای سفر به صورت شاخص دسترسی (بیشینه‌ی مطلوبیت قابل انتظار) وارد فرایند مدل‌سازی انتخاب فعالیت می‌شود. فرایند گام به گام پرداخت مدل‌های انتخاب فعالیت در سفرهای غیرخانه ـ ابتدا (آشیانه‌ی بالای لوجیت آشیانه‌یی) را بدون اشاره به جزییات می‌توان به این صورت خلاصه کرد. نخستین مدل تنها، ثابت و متغیرهای مربوط به زمان سفر را شامل می‌شود. به‌علت ساختار سفرهای بازگشت به منزل ــ موقت و دائم ــ تابع زمان سفر در این نوع سفرها

به صورت نمایی در نظر گرفته شده است، در حالی که متغیر زمان سفر در فعالیت‌های خرید، تفریح، و کار شخصی حالت خطی دارد.

ورود متغیرهای مربوط به تاریخچه‌ی فعالیت برازندگی مدل‌ها را تا حدّ قابل قبولی افزایش می‌دهد، که اهمیت تاریخچه‌ی فعالیت در انتخاب فعالیت سفرهای هیچ سرخانه را نشان می‌دهد (χ^2=۶۵۹/۸۹ در برابر $\chi^2_{\text{بحرانی}}$ = ۳۱/۴۱۰ با درجه‌ی آزادی ۲۰ در سطح اهمیت α = ۰/۰۵). بررسی نقش خصوصیات اقتصادی ـ اجتماعی خانوار نیز باعث افزایش برازندگی مدل می‌شوند (χ^2 = ۳۴۲/۴۹۸ در برابر $\chi^2_{\text{بحرانی}}$ = ۱۲/۵۹۲ با ۶ درجه آزادی).

با ورود ویژگی‌های مکانی شاخص دسترسی از آشیانه‌ی پایین مدل لوجیت (انتخاب مقصد به‌تفکیک فعالیت) به مدل، برازندگی مدل به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد (شاخص برازندگی مدل از ρ^2 = ۰/۳۶۴ به ρ^2 = ۰/۴۷۹ افزایش می‌یابد). متغیرهای شاخص دسترسی از آماری‌های t بالایی نیز برخوردارند. این متغیرها نقش ویژگی مکانی را در انتخاب فعالیت نشان می‌دهند.

جدول ۴ نتایج پرداخت مدل‌های انتخاب پنج فعالیت فوق‌رانشان می‌دهد. از بین مدل‌های فعالیت‌های خرید، تفریح و کارشخصی، ساختار مدل اخیر بسیار ساده است. زمان سفر در فعالیت‌های خرید و تفریح نقش مثبت دارد، بدین معنا که با نزدیک شدن به انتهای روز، تمایل افراد به انجام این دو فعالیت افزایش می‌یابد. تاریخچه‌ی فعالیت‌هابه‌صورت شرکت در فعالیت‌های خرید، تفریح وکارشخصی در زنجیره‌ی سفر موجود، در انتخاب آینده‌ی همین نوع فعالیت‌ها تأثیر به‌سزایی دارد. از مقایسه‌ی ضرایب این فعالیت‌هاچنین برمی‌آید که انجام یک سفر خرید بعد از سفر خریدِ دیگر بیشترین احتمال را

جدول ۴. مدل‌های انتخاب فعالیت سفرهای غیرخانه ـ ابتدا.

متغیر	نوع فعالیت				
	خرید	تفریح	کارشخصی	بازگشت‌موقت به‌خانه	بازگشت‌دائم به‌خانه
ثابت	-۳/۸۹۸۲ (-۵/۱۲)	-۴/۸۹۲۳ (-۵/۰۱)	-۲/۲۱۴۷ (-۳/۵۶)	۰/۳۱۲۲ (۲/۰۶)	
SHC	۱/۰۱۹۳ (۲/۸۴)				
SRC	۰/۶۳۳۳ (۲/۴۵)	-۰/۲۹۸۵ (-۱/۸۳)			
PBC	۰/۵۵۵۰ (۱/۸۹)		۰/۹۳۶۸ (۲/۶۳)		
t	۰/۳۸۷۵ (۲/۲۲)	۰/۶۶۴۴ (۲/۴۰)			
e^{-t}				۰/۱۵۲۲ (۲/۷۸)	
e^{t}					۰/۰۲۰۱ (۵/۱۳)
NCARS				۰/۱۲۶۸ (۱/۶۶)	-۰/۰۷۸۵ (-۲/۵۶)
NCHLD		۰/۵۱۷۸ (۲/۱۵)			
NCHAIN					-۰/۱۲۹۲ (-۱/۶۷)
OHTIME					-۰/۰۱۰۵ (-۱/۴۹)
$I_{SH}(i, t)$	۰/۱۸۵۲ (۱/۸۰)				
$I_{SR}(i, t)$		۰/۴۲۴۵ (۳/۰۲)			
$I_{PB}(i, t)$			۰/۲۱۹۴ (۱/۹۷)		

$L(0)$ = -۱۶۰۷/۸۳، $L(\beta)$ = -۸۳۸/۴۶، اندازه‌ی نمونه = ۱۶۲۹۶، ρ^2 = ۰/۴۷۹، ():آماری t

داراست. این نتیجه در مطالعه‌یی دیگر نیز گزارش شده است.[۱۷] فعالیت‌های تفریحی و کار شخصی تنها تحت تأثیر فعالیتی از نوع خود در زنجیره‌ی سفر موجودند، با این تفاوت که انجام سفر تفریحی تمایل به شرکت در فعالیت تفریحی بعدی را کاهش می‌دهد، در حالی‌که در مورد کار شخصی تمایل به انجام چند سفر کار شخصی به‌دنبال هم در یک زنجیره سفر ممکن به‌نظر می‌رسد.

در سفرهای تفریحی "تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال" در خانواده موجب افزایش سفر تفریحی در خانواده می‌شود، که منطقی به‌نظر می‌رسد. تمام شاخص‌های دسترسی در فعالیت‌های خرید، تفریح و کارشخصی برآورد شده از آشیانه‌ی پایین در انتخاب فعالیت‌های متناظر در آشیانه‌ی بالا موثر است و در سطح اهمیت $\alpha=0/05$ دارای آماری t با اهمیت‌اند. ضرایب این شاخص‌ها همگی در گستره‌ی قابل انتظار (بین ۰ و ۱) قرار دارند، که از این نظر فرایند مرحله‌یی نتایج قابل قبولی را به دست داده است.

مدل‌های فعالیت‌های بازگشت به خانه از ساختار کاملاً متفاوتی در مقایسه با فعالیت‌های مورد اشاره در بالا برخوردارند. زمان شروع سفر در این مدل‌ها ساختاری نمایی دارد که در مدل احتمال بازگشت موقت خانه به صورت نمایی منفی و در مدل بازگشت دائم به خانه به‌صورت نمایی مثبت ظاهر شده است. ساختار نمایی منفی بیانگر آن است که با نزدیک شدن به پایان روز احتمال بازگشت موقت به خانه به صورت نمایی منفی کاهش می‌یابد، در حالی‌که بازگشت دائم به خانه در ساعات پایانی روز به‌صورت نمایی مثبت در حال افزایش است. این رفتارها با فرایند تصمیم‌گیری افراد هماهنگی دارد.

از متغیرهای مربوط به ویژگی اقتصادی ـ اجتماعی، تنها متغیر «وسایل نقلیه‌ی تحت مالکیت خانواده» در انجام سفر بازگشت موقت به منزل مهم است و هر چه این وسایل در خانواده‌یی بیشتر باشد، احتمال بازگشت موقت به منزل بیشتر خواهد بود. به نظر می‌رسد چنین خانواده‌هایی با تعدادی وسایل نقلیه، از امکانات مالی خوبی برخوردارند به‌نحوی که می‌توانند در طول روز تعداد زنجیره‌های سفر بیشتری انجام دهند. مشابه چنین نتیجه‌یی قبلاً گزارش شده است.[۱۷] از سوی دیگر، نقش منفی تعداد اتومبیل خانواده در تصمیم‌گیری فرد در بازگشت دائم به منزل را می‌توان به‌معنای تمایل به انجام تعداد بیشتری زنجیره‌ی سفر دانست.

از مجموعه متغیرهای مربوط به تاریخچه‌ی فعالیت، دو متغیر «تعداد زنجیره‌های سفر تا قبل از سفر موجود» و «زمان سپری شده در خارج از منزل تا قبل از سفر موجود» تنها بر سفرهای بازگشت دائم به خانه، آن هم به‌صورت منفی تأثیر دارند. به نظر می‌رسد با افزایش زمان گذرانده شده در خارج از خانه و زنجیره‌های بیشتر انجام شده، احتمال کمتری برای پایان دادن به سفر و بازگشت دائم به خانه وجود دارد. نتایج بیانگر این واقعیت است که افراد یا فعالیت‌های خیلی زیاد یا فعالیت‌های کمی را در یک روز صورت می‌دهند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مطالعه به بررسی مدل‌های انتخاب مقصد و انتخاب فعالیت در سفرهای غیر خانه ـ ابتدا پرداخته است. نتیجه‌ی پژوهش مدل‌های انتخاب مقصد، مدل بهبود یافته‌یی است که علاوه بر ویژگی‌های متداول در مدل‌های سنتی، نظیر جاذبه‌ی مقصد و فاصله‌ی مبدأ ـ مقصد، از عواملی نظیر ساعت روز، تاریخچه‌ی سفر، و نقش محوری خانه نیز استفاده کرده است.

نتایج تجربی برای نمونه‌ی آماری شهر مشهد، حاکی از آن است که مدل انتخاب مقصد پیشنهادی پیچیدگی‌های رفتار سفر را به‌نحو مطلوب‌تری بازسازی کرده، از طریق وارد کردن متغیر زمان سفر بین مقصد سفر تا محل خانه در ساختار مدل، حرکت افراد را حول پایگاه خانه شکل می‌دهد. متغیر زمان سفر بین مقصد تا خانه، به همان اندازه بر انتخاب مقصد غیرخانه ـ ابتدا تأثیر دارد که متغیر سنتی زمان سفر مبدأ ـ مقصد از آن برخوردار است. براساس نتایج به دست آمده از اهمیت این متغیر، ورود آن به مدل موجب افزایش دقت پیش‌بینی مدل خواهد شد، ضمن آن‌که این بهبود نیاز به اطلاعات اضافی ندارد و روش پرداخت مدل همان لوجیت چندگانه است.

یکی دیگر از نتایج پرداخت مدل غیرخانه ـ ابتدا تغییر ارزش زمان سفر در طول روز است. با توجه به محدود شدن بودجه‌ی زمانی در ساعات پایانی روز مدل انتخاب مقصد این تأثیر را در نظر گرفته است.

وابستگی‌های سفرهای متوالی در زنجیره سفرها که بازتاب آن به‌صورت انتخاب مقصدهای متوالی در رفتار سفر است به شکل تاریخچه‌ی سفر در مدل انتخاب مقصد وارد شده است. اهمیت عوامل تاریخچه‌ی سفر به‌روشنی نشان می‌دهد که نادیده گرفتن آنها موجب خطای عمده در برآورد انتخاب مقصد می‌شود. سازگاریِ درنظرگیری این متغیرها با ساختار لوجیت آشیانه‌یی موجب می‌شود که ساختار مدل‌ها با وجود این متغیرها همچنان ساده باقی بماند.

مقایسه‌ی مدل‌های انتخاب مقصد و انتخاب فعالیت بیانگر این واقعیت است که عوامل مشترک اثرگذار بر این مدل‌ها محدود است. ویژگی‌های اقتصادی ـ اجتماعی افراد، تاریخچه‌ی فعالیت، ساعت روز، و شاخص‌های دسترسی نقش عمده‌یی در مدل‌های انتخاب فعالیت دارند، در حالی‌که متغیرهای مکانی اهمیت چندانی ندارند. از سوی دیگر، نقش تاریخچه‌ی فعالیت و خصوصیات اقتصادی ـ اجتماعی افراد در مدل‌های انتخاب مقصد بسیار ضعیف است.

مدل‌های پرداخت شده در این مطالعه به متغیرهای زمان سفر،

کاربری زمین، و ویژگی‌های اقتصادی ـ اجتماعی حساس‌اند. وجود متغیر ساعت روز، احتمال ارزیابی اثر عواملی را که در طول زمان تغییر می‌کند (نظیر ساعات کارِ واحدهای کسبی) بر انتخاب فراهم می‌سازد. مدل انتخاب مقصد نتیجه شده در برگیرنده‌ی جاذبه‌های مقصد است که ترکیب آن با ساعت روز این توانایی را در مدل فراهم ساخته است.

سیستم مدل‌های مورد بررسی در این مطالعه، با وجود آن‌که برخی ویژگی‌های رفتاری سفر را بهتر از مدل‌های سنتی دیده است، نیاز به گسترش دارد. به‌عنوان مثال، مدت زمان شرکت در فعالیت بر انتخاب فعالیت و انتخاب مقصد تاثیر دارد.[۱۹] سیستم مدل‌ها می‌تواند به نحوی دوره‌ی زمانی فعالیت را وارد ساختار مدل سازد.

از موارد دیگری که لازم است به‌منظورمطالعه در آینده مطرح شود، طراحی روش‌های برآورد متغیرهایی است که در تهیه‌ی مدل‌های انتخاب فعالیت و مقصد مورد استفاده قرار گرفتند. به عنوان مثال، می‌توان از برآورد «تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال»، «تعداد وسایل تحت مالکیت خانوار» و سایر متغیرهای توصیفی که برای استفاده‌ی مدل به‌عنوان ابزار پیش‌بینی آینده مورد نیاز است، نام برد.

بدیهی است بدون دست‌یابی به نتایج زمینه‌های مورد اشاره در بالا نباید انتظار داشت که مدل مورد بررسی در این مطالعه به‌شکل عملیاتی قابل بهره‌برداری باشد. گرچه ویژگی‌های رفتاری مناسبی از مدل ظاهر شده است، مطالعات بیشتری لازم است تا از مدل به‌عنوان ابزار پیش‌بینی در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل استفاده شود.

پانوشت

1. non-home based
2. nested logit
3. trip-chain
4. life style
5. spatio-temporal constraints
6. special interaction models
7. destination choice
8. activity choice
9. Markov process
10. Maximum Likelihood Estimation (MLE)

منابع

۱. کرمانشاه، محمد و مدرس دزفولی، علی. «تأثیر ساعت شروع سفر و تاریخچه‌ی فعالیت در انتخاب مرحله‌یی مقصد سفر ـ فعالیت سفرهای یک سرخانه: کاربرد مدل لوجیت آشیانه‌یی»، فصلنامه‌ی علمی و پژوهشی شریف، شماره ۲۳، صص ۲۳-۱۳، (بهار ۱۳۸۲).

2. Adler, T.J. "Behavioral impacts of the energy shortage: shift in trip-making characteristics," *Transportation Research Record*, (592), pp 38-39, (1976).
3. Stearns, M. "Behavioral impacts of the energy shortage: shift in trip-making characteristics," *Transportation Research Record*, (592), pp 38-39, (1976).
4. Heggie, I.G. "Putting behaviour into behavioural models of travel choice," *Journal of Operation Research*, **29,** pp 541-550, (1978).
5. Shiftan, Y. "Practical approach to model trip chaining," *Transportation Research Record*, (1645), pp 17-23, (1998).
6. Ben-Akiva, M.E. "Structure of passenger travel demand models," *Transportation Research Record*, (526), pp 26-42, (1974).
7. Richards, M.G. and M.E. Ben-Akiva. **A Disaggregate Travel Demand Model**, Saxon House, Farnborough (1975).
8. Damm, D. Toward a Model of Activity Scheduling Behavior, Interdepartmental Doctoral Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. (1979).
9. Damm, D. "Parameters of activity behavior for use in travel analysis," *Transportation Research*, **16A**, pp 135-148, (1982).
10. Kitamura, R. and M. Kermanshah. "Identifying time and history dependencies of activity choice," Transportation Research Record, (943), pp 33-42, (1983).
11. Kermanshah, M. "Time, history, and location dependencies of spatial choice, Ph.D dissertation, dept. of Civil Eng"., Univ. of California, Davis. (1984).
12. Koppelman, F.S. and C.H. Wen. "Nested logit models: which are you using?," *Transportation Research Record*, (1645), pp 1-7, (1998).
13. Ortuzar, J.D. and L.G. Willumsen. **Modelling Transport**, John Wiley and Sons, New York, NY. (1994).
14. Cochrane, R.A. "A possible economic basis for the gravity model", **9**, (1), pp 34-49, (1975).
15. Lerman, S.R. "The use of disaggregate choice models in semi-markov process models of trip chaining behavior," *Transportation Science*, **13,** pp 273-291, (1979).
16. Ben Akiva, M. and S.R. Lerman. "Discrete choice analysis: theory and application to travel demand, The MIT Press", Cambridge, MA. (1985).
17. Kitamura, R. and M. Kermanshah. "Sequential model of interdependent activity and destination choices," *Transportation Research Record*, (987), pp 81-89. (1984).
18. Kitamura, R. "Incorporating trip chaining into analysis of destination choice," *Transportation Research*, **18B**, (1) pp 67-81, (1984).
19. Kitamura, R., C. Chen, and R. Narayanan. "Traveler destination choice behavior, effects of time of day, activity duration, and home location," *Transportation Research Record*, (1645), pp 76-81, (1998).
20. Kanafani, A. **Transportation Demand Analysis**, McGraw Hill Book Company, New York, USA. (1983).
21. Lerman, S.R. and M. Ben-Akiva. "Disaggregate behavioral model of automobile ownership," *Transportation Research record* (569), pp 34-51 (1979).