

# تأثیر ساعت شروع سفر و تاریخچه‌ی فعالیت در انتخاب مرحله‌ی

## مقصد سفر - فعالیت سفرهای یک سرخانه:

### کاربرد مدل لوجیت آشیانه‌ی

محمد کرمانشاه (دانشیار)

سیدعلی مدرس دزفولی (کارشناس ارشد)

دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

این پژوهش به بررسی انتخاب مرحله‌ی مقصد سفر و نوع فعالیت در سفرهای یک سرخانه پرداخته است. در این بررسی نقش عواملی نظیر ساعت شروع سفر (ساعت روز)، دسترسی به فرصت‌ها در مقصد، و تاریخچه‌ی فعالیت‌های انجام شده بر انتخاب مقصد - فعالیت شناسایی می‌شود. با استفاده از ساختار مرحله‌ی لوجیت آشیانه‌ی مدل‌های انتخاب مقصد و فعالیت برآورد می‌شود. در این ساختار ارتباط بین مراحل انتخاب مقصد و انتخاب فعالیت از طریق شاخص‌های دسترسی مقصد برقرار می‌شود. نتایج مطالعه حکایت از سادگی ساختار مدل‌های انتخاب مقصد و فعالیت دارد، ضمن آنکه مدل‌های انتخاب مقصد از مزیت استفاده از متغیرهای ساعت روز، خصوصیات مقصد، و دسترسی به فرصت‌های مقصد؛ علاوه بر متغیرهای سنتی جاذبه در مقصد و فاصله‌ی مبدأ تا مقصد، برخوردارند. مدل‌های انتخاب فعالیت به ساعت روز، تاریخچه‌ی فعالیت، ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی، و نیز ویژگی‌های مکانی مقصد بستگی دارند. بررسی مقایسه‌ی نتایج برآورد احتمال شرکت در فعالیت‌های خرید، تفریح، و کار شخصی با نتایج حاصل از مشاهدات، نشان از برازندگی مناسبی دارد که در این پژوهش به آن اشاره شده است.

#### مقدمه

تحلیل تقاضا در فرایند برنامه‌ریزی حمل و نقل از اهمیت ویژه‌ی برخوردار است. این فرایند از ۴ مرحله تشکیل شده است که بسته‌های نرم‌افزاری آماده‌ی آن در مطالعات حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرد.<sup>[۱]</sup> این فرایند با وجود کاربرد گسترده، مورد انتقاد نیز واقع شده است.

از مهم‌ترین اشکالاتی که بسیاری از پژوهشگران به آن اشاره کرده‌اند، فرض استقلال سفرها از یکدیگر در مجموعه انتخاب‌های مقصد در انجام سفر<sup>[۲،۳]</sup> و همچنین، فرضیات ساده‌ی است که در ساختار پیوسته<sup>۱</sup> مدل‌ها در نظر گرفته می‌شود که هیچ‌گونه ارتباطی بین عملکرد سیستم حمل و نقل و فراوانی سفر دیده نمی‌شود.<sup>[۴،۵]</sup> همچنین، مدل‌ها نیازمند حجم زیادی از اطلاعات بوده و فرایند پرداخت پرهزینه است.<sup>[۶]</sup>

مدل‌های پیوسته به سبب آنکه برای واحد جغرافیایی ویژه‌ی ساخته می‌شوند از انعطاف‌پذیری پایینی برخوردارند و با تغییر واحد جغرافیایی استفاده‌ی مجدد از آنها نیازمند پرداخت دوباره‌ی

مدل‌هاست. عدم برخورداری این مدل‌ها از مبانی رفتاری، از دیگر اشکالاتی است که پژوهشگران به آن اشاره کرده‌اند.<sup>[۷]</sup> به منظور رفع برخی از اشکالات فوق، مدل‌های ناپیوسته<sup>۲</sup> ارائه شد.<sup>[۲]</sup> در این مدل‌ها واحد تجزیه و تحلیل تقاضا خانواده یا فرد است که جایگزین منطقه‌ی ترافیکی مدل‌های پیوسته می‌شود. پیش‌بینی رفتار سفر فرد یا خانواده بر مبنای ویژگی‌های اجتماعی - اقتصادی آنها، از رابطه‌ی علت و معلولی قابل قبولی برخوردار است که مدل‌های پیوسته فاقد چنین ارتباطی است.

گرچه توسعه‌ی مدل‌های تولید سفر ناپیوسته و کاربرد آنها در برنامه‌ریزی حمل و نقل با هدف دست‌یابی به پیش‌بینی بهتر بر مبنای فرضیات واقعی‌تر رفتار سفر شکل گرفته است،<sup>[۸،۹]</sup> ولی برخی ویژگی‌های مشابه مدل‌های پیوسته همچنان در این مدل‌ها مشاهده می‌شود. در هر دو گروه از مدل‌ها، صرف‌نظر از واحدهای متفاوت تجزیه و تحلیل، هر سفر جداگانه و مستقل از سایر سفرها مورد بررسی قرار می‌گیرند و در نتیجه، پیوستگی‌های مکانی و زمانی نادیده گرفته شده و یا بسیار ساده انگاشته می‌شوند.<sup>[۱۰]</sup> به علاوه،

مدل‌ها از بازسازی رفتار سفر ناشی از تصمیم‌گیری‌های افراد یک خانوار که دارای ارتباط بین فردی‌اند ناتوانند.<sup>[۱۱]</sup>

به موازات توسعه‌ی مدل‌های پراکنده رفتار شهری نیز در بسیاری از نقاط جهان دستخوش تغییرات فاحشی شده است که به افزایش پیچیدگی‌های این‌گونه رفتار انجامیده است.<sup>[۱۲]</sup> محدودیت‌های زمانی و بودجه‌ی نیز موجب تغییر «سبک زندگی»<sup>۳</sup> خانواده‌ها شده که نتیجه‌ی آن دگرگونی رفتار سفر آنها بوده است.<sup>[۱۷]</sup> به طور کلی، به نظر می‌رسد که رفتار آینده‌ی سفرهای شهری در چارچوب محدودیت‌های مکانی-زمانی<sup>۴</sup> و بودجه‌ی شکل خواهد گرفت. شرکت در فعالیت‌های مختلف و انتخاب مقصد سفر همان‌گونه که در برخی مطالعات گذشته گزارش شده است، تابعی از ساعت روز است.<sup>[۱۳]</sup> همچنین، مدارک نشان می‌دهد که انتخاب‌های یادشده به تاریخچه‌ی شرکت فرد در فعالیت‌های قبل، یعنی فعالیت‌های پی‌گیری‌شده‌ی همان روز بستگی دارد.<sup>[۱۴]</sup>

آشنایی با نحوه‌ی شرکت در فعالیت‌های روزانه و سفرکردن به محل انجام این فعالیت‌ها (مقصدهای سفر) اهمیت ویژه‌ی در شناخت و پیش‌بینی رفتار سفر دارد. به‌خصوص، وابستگی زمانی و تاریخچه‌ی رفتار سفر به‌عنوان عناصر اساسی این شناخت موجب آشکار شدن ویژگی‌های دیگر رفتار می‌شود. برای مثال، انتخاب مرحله‌ی فعالیت (هدف سفر) و مقصد را با گنجاندن مناسب تاریخچه‌ی فعالیت‌های روزانه در توابع احتمال مرحله‌ی به‌خوبی می‌توان نشان داد. با تخمین ساختارهای دارای متغیرهای ساعت-روز و تاریخچه‌ی سفر هدف مهمی به‌دست می‌آید و آن شکل بخشیدن به سفر و فعالیت در بعد زمان است. حال اگر تغییراتی در شرایط سفر کردن یا ویژگی‌های جمعیتی پیش‌آید مدل به‌خوبی می‌تواند این تغییرات را به‌صورت تغییر در رفتار سفر و شرکت در فعالیت‌ها منعکس سازد.

### تعریف مسئله

ناتوانی مدل‌های ناپیوسته در درک و شناخت رفتارهای پیچیده‌ی سفر شهری موجب شده است تا در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ی در زمینه‌ی بهبود مدل‌های تقاضای سفر صورت گیرد. بخش عمده‌ی این تلاش‌ها به مطالعات انتخاب مقصد<sup>۵</sup> یا انتخاب فعالیت<sup>۶</sup> اختصاص دارد که در ادامه به بررسی انتخاب در چارچوب محدودیت‌های مکانی و زمانی سفرهای زنجیره‌ی گسترش یافته است. در بیشتر این مطالعات احتمال سفر از یک ناحیه به ناحیه‌ی دیگر یا حرکت از فعالیتی به فعالیت بعدی، از طریق احتمال شرایطی به‌صورت مدل‌های فرایند مارکوف<sup>۷</sup>، مدل لوجیت<sup>۸</sup>، و یا نظایر آن برآورد می‌شود.

ویژگی مشترک مطالعات فوق، تفاوت نگرش آنها به رفتار سفر در مقایسه با مدل‌های سنتی تقاضاست. در راستای ضرورت طرح نگرش جدید، این پژوهش گسترش چارچوب مطالعه را مورد توجه قرار داده است. چارچوب پیشنهادی ویژگی‌های مکانی فعالیت‌ها، وابستگی زمانی سفرها و نقش تاریخچه‌ی سفر در انتخاب مقصد و فعالیت را در بر می‌گیرد. همان‌گونه که اشاره شد، ضرورت چنین گسترشی از آنجا ناشی می‌شود که حذف محدودیت زمانی-مکانی در فرایند انتخاب مقصد و نیز تصمیم‌گیری بدون توجه به ارتباط بین فردی (درون‌خانگی) موجب ناتوانی مدل‌های ناپیوسته‌ی موجود در بازسازی رفتار سفر شده است. به‌علاوه، تنوع انتخاب در سفرهای غیر اجباری (مانند خرید یا تفریح) از نظر مقصد سفر یا زمان آن تفاوت اساسی در برخورد با این نوع سفرها را-در مقایسه با سفرهای اجباری کار یا تحصیل که از ثبات مکانی و زمانی برخوردارند-آشکارتر می‌سازد.

از سوی دیگر، تغییر انتظارات افراد از زندگی، که عمدتاً ناشی از بهبود وضع اقتصادی جوامع است، موجب افزایش سفرهای غیراجباری روزانه‌ی آنها شده است، که معمولاً از نوعی آرایش زمانی-مکانی از پیش تنظیم شده برخوردار است.<sup>[۱۶، ۱۵]</sup> در حالی که عدم پاسخ‌گویی ساختار موجود برای شرایط مورد اشاره در بالا روشن است، تهیه‌ی ساختاری جدید با منظور نمودن ویژگی‌های مورد نظر اهمیت می‌یابد. ارائه‌ی این ساختار و کاربرد آن برای یکی از شهرهای کشور مورد بحث این پژوهش است. در این ساختار دو عامل اساسی ارتباط بین سفرهای متوالی به‌صورت تأثیر سفرهای قبلی روزانه (تاریخچه‌ی سفر) بر فعالیت‌های آتی و محدودیت مکانی-زمانی تصمیم‌گیری مورد توجه قرار می‌گیرد. به‌طور مشخص از مقصد سفر و ساعت روز به عنوان عوامل مکانی-زمانی استفاده می‌شود و ارتباط سفرهای متوالی بیانگر تاریخچه‌ی سفر به‌صورت ساختار مرحله‌ی<sup>۹</sup> (دنباله‌ی) مدل‌سازی (در برابر ساختار همزمان<sup>۱۰</sup>) برای سفرهای زنجیره‌ی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

هدف اساسی این مطالعه دست‌یابی به ساختار مدل انتخاب مقصد برای فعالیت‌های غیر اجباری روزانه به‌نحوی است که ویژگی‌های برجسته‌ی رفتار سفر را منعکس سازد. از این طریق فرضیه‌های رفتاری گوناگونی مورد آزمایش قرار می‌گیرد. این مطالعه بر نقش تاریخچه‌ی سفر در انتخاب مقصد و ساعت روز، تأکید ویژه دارد. نادیده گرفتن تاریخچه‌ی سفر در مدل‌های سنتی انتخاب مقصد به‌معنای آن است که احتمال رفتن مجدد به رستوران برای صرف شام بلافاصله پس از بازگشت از رستوران ثابت می‌ماند. بدیهی است با در نظر گرفتن تاریخچه‌ی سفر، این احتمال کاهش خواهد یافت.<sup>[۱۴]</sup> همچنین است نقش ساعت روز در انتخاب مقصد برای خرید، مثلاً



در مطالعات تحلیلی تقاضای حمل و نقل رویکرد مرحله‌ی در برابر رویکرد همزمان، از اقبال چشمگیری برخوردار بوده است.<sup>[۱۹]</sup> این رویکرد بر مبنای رابطه‌ی زیر از احتمال‌های مرحله‌ی است.

$$dPr [a_{n+1}, t_{n+1} | a_{(n)}, t_{(n)}] = Pr [a_{n+1} | t_{n+1}; a_{(n)}, t_{(n)}] \cdot dPr [t_{n+1} | a_{(n)}, t_{(n)}] = Pr [a_{n+1} | t_{n+1}; a_{(n)}, t_{(n)}] \cdot dPr [t_{n+1} - t_n | a_{(n)}, t_{(n)}; a_{(n-1)}, t_{(n-1)}]$$

که  $a$  نماینده‌ی فعالیت،  $t$  زمان شروع فعالیت (سفر)، و  $(t_{n+1} - t_n)$  دوره‌ی زمانی فعالیت (سفر + فعالیت) در مرحله‌ی  $n$  ام است. در این صورت احتمال مرحله‌ی برابر است با حاصل ضرب احتمال شرطی انتخاب فعالیت مشروط به زمان انتخاب، در چگالی احتمال دوره‌ی زمانی فعالیت.

در بررسی بخش نخست، یعنی بررسی ساختار احتمال شرطی انتخاب فعالیت با توجه به ویژگی‌های زمانی - مکانی، و تاریخچه‌ی فعالیت‌ها مورد نظر است.  $a(n)$  بردار  $(n+1)$  عنصر نخست  $a$ ، یعنی  $a(n) = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  به همین شکل تعریف می‌شود.  $a_{n+1}$ ، عنصر  $(n+1)$  از این بردار است، و  $t_{n+1}$  نیز همین گونه تعریف شده است.

مزیت روش مرحله‌ی (دنباله‌ی) بر همزمان کاهش اندازه‌ی مسئله است. در این صورت می‌توان به نتایج مشابهی رسید؛ چنانچه احتمال‌های مرحله‌ی بیان‌کننده‌ی وابستگی‌های شرطی به‌درستی ساخته شوند. از سوی دیگر عدم موفقیت در ساخت وابستگی‌های شرطی می‌تواند نتایج نادرستی را به بار آورد.

در این مطالعه رفتار ساکنین شهر مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. ساختار مرحله‌ی شامل دو مرحله است: انتخاب فعالیت و سپس انتخاب مقصد برای یک فعالیت مشخص. در انتخاب فعالیت وابستگی زمانی و تاریخچه‌ی آن مورد نظر قرار می‌گیرد، و هدف از انتخاب مقصد افزودن ویژگی مکانی به فرایند انتخاب فعالیت است. فرایند پرداخت مدل بر مبنای روابط احتمال‌های شرطی است.

احتمال شرطی انتخاب فعالیت به‌عنوان تابعی از زمان، مکان، تاریخچه و دیگر عوامل مؤثر با استفاده از ساختار مدل لوجیت چندگانه‌ی<sup>۱۱</sup> ساده چنین بیان می‌شود.<sup>[۲۰]</sup>

$$Pr [a_{n+1} = j | t_{n+1} = t; y, I_j; (I_n, t), e] = \frac{\exp \{V_j [t, y, I_j; (I_n, t), e]\}}{\sum_k \exp \{V_k [t, y, I_k; (I_n, t), e]\}}$$

که در آن:

$$e = \text{بردار خصوصیات اقتصادی - اجتماعی افراد؛}$$

یک مجتمع فروشگاه‌های در انتهای روز، که به‌عنوان یک فرصت خرید محسوب نمی‌شود.

### چارچوب نظری پژوهش

در مورد انتخاب فعالیت و مکان آن، عقیده‌ی بسیاری از پژوهشگران بر آن است که نوعی اولویت‌بندی در فرایند تصمیم‌گیری وجود دارد. در این فرایند، 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. در فعالیت‌های اختیاری انعطاف‌پذیری از نظر محل، زمان و مدت فعالیت بسیار بیشتر از فعالیت‌های اجباری است.

در این مطالعه، تنها فعالیت‌های اختیاری مورد بررسی واقع می‌شوند. همچنین سفرها در قالب زنجیره‌های سفر که از خانه شروع شده و به خانه ختم می‌شوند بررسی می‌شوند. در حالی که زنجیره‌های سفر 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 بر انتخاب فعالیت‌ها در مکان‌های مختلف نقش دارد. مثلاً در دسترس بودن فعالیت‌های گوناگون (نظیر باز بودن مغازه‌ها یا پارک‌های عمومی تا دیروقت) یا افزایش گستره‌ی زمانی - مکانی عرضه‌ی حمل و نقل (تغییر زمان ارائه‌ی خدمات نقلیه‌ی عمومی در سطح پوششی وسیع‌تر)، اثر مهمی بر انتخاب فعالیت در چارچوب زنجیره‌های سفر می‌گذارد.

افراد برنامه‌ی سفرهای روزانه خود را به‌صورت مجموعه‌ی از فعالیت‌های مورد نظر، که در دوره‌ی زمانی مشخص انجام می‌گیرد، تنظیم می‌کنند. در این برنامه‌ریزی ارتباط فعالیت‌ها با یکدیگر، محدودیت‌های زمانی - 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.

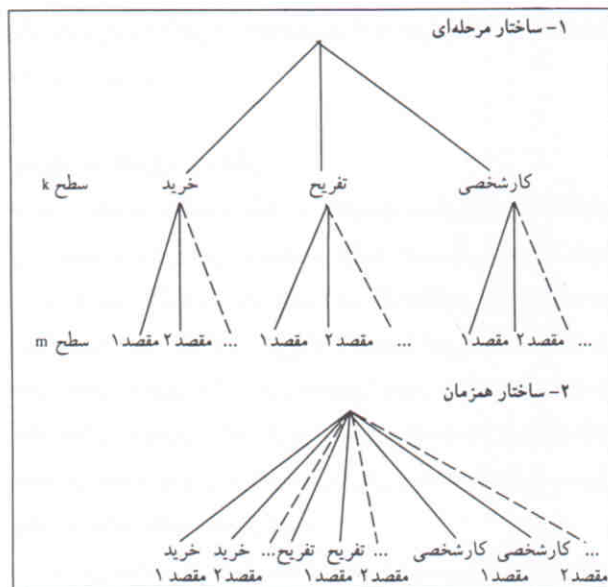
یکی از روش‌های پیشنهادی برای نمایش انتخاب فعالیت و سفر استفاده از بهینه‌سازی است. در این روش که با توجه به وجود محدودیت‌های زمانی - مکانی و محدودیت‌های اطلاعاتی در محیط تصمیم‌گیری بسیار پیچیده است<sup>[۱۷]</sup>، فرض آن است که رفتار مشاهده شده سفر - فعالیت مهم‌ترین انتخاب توسط فرد است.

روش دیگری توسط ادلر و بن - اکیوا<sup>[۱۸]</sup> پیشنهاد شده است که به‌طور همزمان رفتار انتخاب بین گزینه‌های مختلف سفر - فعالیت را مدل می‌کند. در این روش، تمام گزینه‌های ممکن از رفتارهای مشاهده شده‌ی سفر - فعالیت باید در نظر گرفته شود که چندان ساده به نظر نمی‌رسد.

$y =$  تاریخچه‌ی فعالیت‌ها؛

$z =$  شاخص دسترسی برای مکان  $i$ ،

$t =$  زمان روز.



شکل ۱. مقایسه‌ی مدل‌های مرحله‌ی و همزمان

وابستگی شرطی که در مدل بالا آمده است، به وسیله‌ی متغیرهای توصیفی تاریخچه‌ی رفتار سفر روزانه، زمان (ساعت روز)، و شاخص دسترسی نشان داده می‌شود. از این رو فرض می‌شود که در ساختار مدل لوجیت خطاهای اتفاقی<sup>۱۲</sup> دارای تمام ویژگی‌های مطلوب باشند. مثلاً گزینه‌های مورد بررسی از یکدیگر مستقل‌اند.<sup>۱۳</sup> چنانچه گزینه‌ها وابسته به یکدیگر باشند، یا انتخاب مرحله‌ی باشد، از مدل لوجیت آشیانه‌ی با خصوصیتی مشابه لوجیت ساده و به صورت مرحله‌ی استفاده می‌شود. در مدل لوجیت آشیانه‌ی، ابتدا گزینه‌هایی که به نظر می‌رسد از همبستگی بیشتری برخوردارند، در آشیانه‌ی (های) پایین با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در این مرحله احتمال نسبی مشروط هر یک از گزینه‌ها برآورد می‌شود. سپس پیشینه‌ی مطلوبیت قابل انتظار حاصل از گزینه‌های آشیانه‌ی (های) پایین برآورد می‌شود تا امکان پیش‌بینی احتمال نسبی انتخاب هر یک از گزینه‌ها در این سطح فراهم شود. در این روش ابتدا مدلی برای آشیانه‌ی پایین ساخته می‌شود و از نتایج آن در ساخت مدل آشیانه‌ی بالا استفاده می‌شود.

اگر فرض کنیم ساختار مرحله‌ی فرایند تصمیم‌گیری مطابق رفتار واقعی تصمیم‌گیران، به صورت انتخاب فعالیت در مرحله‌ی نخست و سپس انتخاب مقصد برای هر فعالیت، باشد نه تنها با مرحله‌ی توزیع سفر به تفکیک هدف سفر در فرایند پیوسته تحلیل تقاضا سازگاری دارد، بلکه بر ساختار مرحله‌ی مورد نظر این پژوهش منطبق است. محاسبه‌ی پیشینه‌ی مطلوبیت قابل انتظار (که در این پژوهش مترادف با شاخص دسترسی به مقصدهای هر فعالیت است) موجب می‌شود که انتخاب در هر یک از مراحل انتخاب فعالیت و انتخاب مقصد، به گونه‌ی باشد که بیشترین مطلوبیت از نظر محدودیت‌های زمانی - مکانی حاصل شود.

ساختار فرایندهای مرحله‌ی و همزمان انتخاب فعالیت در شکل ۱ نشان داده شده است. در ساختار همزمان گزینه‌ی ترکیبی فعالیت - مقصد دارای احتمال انتخاب است که می‌توان توسط مدل لوجیت چندگانه آن را برآورد کرد.<sup>[۸]</sup> در ساختار مرحله‌ی از مدل لوجیت آشیانه‌ی استفاده می‌شود که جزئیات آن در برخی منابع آمده است.<sup>[۲۱]</sup>

### نمونه‌ی آماری

در این مطالعه سفرهای روزانه‌ی درون شهری ساکنان شهر مشهد مورد مطالعه قرار گرفته و به منظور سهولت در انجام محاسبات و امکان

نمایش نتایج، شهر مشهد به ۴۳ ناحیه تقسیم شده است. خصوصیات این ناحیه‌ها به عنوان مقصدهای سفر مانند جمعیت، مالکیت اتومبیل، تعداد تخت‌های بیمارستانی، مساحت پارک‌های هر ناحیه، فاصله‌ی زمانی بین نواحی و تعداد واحد کسبی محاسبه شدند.

در نمونه‌ی اطلاعاتی تنها خانواده‌هایی که دارای وسیله‌ی نقلیه‌ی شخصی (سواری یا وانت) بودند وارد محاسبات شدند، و سفرهای افراد زیر ۱۸ سال، با هدف‌های کار، تفریح، و زیارت در نظر گرفته نشدند. همچنین، اطلاعات سفر افرادی که زنجیره‌ی سفر ناقص داشتند و یا تعداد سفرهای آنها کمتر از ۲ بود حذف شد.

در این مطالعه، سفرهای خانه - ابتدا به تفکیک هدف‌های سفر تفریح، خرید، و کار شخصی مورد بررسی قرار می‌گیرند. (انتخاب مقصد کار و تحصیل چندان معنایی ندارد). سفر تفریحی شامل سفرهایی با هدف دیدار نزدیکان و تفریح می‌شود، و کار شخصی از سه هدف سفر مراجعه به ادارات، موارد پزشکی، و غیره تشکیل شده است. تعداد سفرها برای هدف‌های تفریح، خرید، و کار شخصی، به ترتیب، ۴۱۰۳، ۳۸۹۱، و ۳۸۷۱ سفر از مبدأ خانه است. برای هر یک از هدف‌های سفر مورد اشاره در بالا یک ماتریس سفر  $43 \times 43$  تشکیل یافت که درایه‌ی  $a_{ij}$  یک ماتریس نشان‌دهنده‌ی تعداد سفرهای مشاهده‌شده از مبدأ  $i$  به مقصد  $j$  است. از این ماتریس به منظور انتخاب گزینه‌های مقصد استفاده شد. بدین معنا که شخصی که در ناحیه‌ی  $i$  قرار دارد قادر است هر یک از ۴۳ مقصد را انتخاب کند مشروط بر آن که مقصد فوق در ماتریس مشاهده‌ی سفر حداقل یک بار به عنوان مقصد انتخاب شده باشد (خانه‌های غیر صفر ماتریس). در این صورت شخص دارای تعدادی انتخاب است.



مدل سازی - انتخاب مقصد در آشیانه‌ی پایین و یا انتخاب فعالیت در آشیانه‌ی بالا - متغیر وابسته به صورت تابعی از مجموعه‌ی متغیرهای مستقل که در ادامه به آنها اشاره می‌شود، توصیف می‌شود.

جدول ۱ فهرست متغیرهای توصیفی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد. به طور کلی، این متغیرها در شش گروه دسته‌بندی شده‌اند. گروه اول، متغیرهای نشان‌دهنده‌ی وضعیت اقتصادی - اجتماعی خانواده را شامل می‌شود. از جمله متغیرهای استفاده شده در این گروه می‌توان به تعداد وسایل نقلیه‌ی خانوار - به عنوان شاخصی از میزان درآمد خانواده - 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

به منظور 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 و فرضیه‌ها

همان‌گونه که اشاره شد، این پژوهش از ساختار لوجیت آشیانه‌ی برای تهیه‌ی مدل‌های انتخاب مقصد - فعالیت استفاده می‌کند. در این ساختار، فرایند تصمیم‌گیری از آشیانه‌ی بالا به آشیانه‌ی پایین صورت می‌پذیرد، در حالی که فرایند پرداخت مدل از آشیانه‌ی پایین به آشیانه‌ی بالا است. ابتدا نوع فعالیت (هدف سفر) انتخاب، و سپس محل انجام فعالیت (مقصد سفر) تعیین می‌شود. در هر مرحله از

جدول ۱. فهرست متغیرهای مورد استفاده در فرایند تهیه‌ی مدل‌های انتخاب مقصد و فعالیت.

گروه متغیر	علامت اختصاری	توصیف متغیر
۱. ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی (e)	NCARS NCHLD	تعداد سواری شخصی تعداد فرزندان تعداد سواری‌های در تملک خانوار تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال خانوار
۲. ویژگی‌های مقصد سفر (A <sub>j</sub> )	POP NSTOR SPARK NBED CAR D <sub>c</sub>	جمعیت تعداد واحد کسبی مساحت پارک‌ها تعداد تخت بیمارستانی سرانه‌ی سواری شخصی ناحیه‌ی مرکزی شهر جمعیت ناحیه تعداد واحدهای کسبی در ناحیه مساحت پارک‌های تفریحی ناحیه بر حسب هکتار تعداد تخت‌های بیمارستان در ناحیه سرانه‌ی سواری شخصی در تملک خانوار ۱، اگر ناحیه‌ی مقصد سفر در محدوده‌ی مرکزی شهر قرار داشته باشد؛ ۰، غیر از آن
۳. ساعت روز (t)	D <sub>a</sub> (t) D <sub>b</sub> (t)	تابعی از ساعت روز ساعت کار واحدهای کسبی (۰-۱) ساعت کار ادارات (۰-۱) t، ln(t)؛ (t به ساعت است) ۱، اگر t بین ۸ صبح تا ۹ شب باشد؛ ۰، غیر از آن ۱، اگر t بین ۸ صبح تا ۵ بعدازظهر باشد؛ ۰، غیر از آن
۴. زمان سفر (d)	d <sub>ij</sub>	زمان سفر مبدا - مقصد بر حسب دقیقه از نتایج تخصیص وضع موجود
۵. تاریخچه فعالیت (v)	NCHAIN OHTIME SHP SRP PBP SHC SRC PBC	تعداد زنجیره‌های سفر زمان خارج از خانه شرکت در فعالیت در زنجیره‌ی سفر قبلی تعداد زنجیره‌های سفر هر فرد تا قبل از فعالیت موجود زمان سپری شده در خارج از خانه توسط فرد تا قبل از فعالیت موجود ۱، اگر در زنجیره‌ی سفر قبلی فرد سفر خرید باشد؛ ۰، غیر از آن ۱، اگر در زنجیره‌ی سفر قبلی فرد سفر تفریح باشد؛ ۰، غیر از آن ۱، اگر در زنجیره‌ی سفر قبلی فرد سفر کار شخصی باشد؛ ۰، غیر از آن ۱، اگر در زنجیره‌ی سفر فعلی فرد سفر خرید باشد؛ ۰، غیر از آن ۱، اگر در زنجیره‌ی سفر فعلی فرد سفر تفریح باشد؛ ۰، غیر از آن ۱، اگر در زنجیره‌ی سفر فعلی فرد سفر کار شخصی باشد؛ ۰، غیر از آن
۶. شاخص دسترسی (I <sub>a</sub> )	I <sub>a</sub> (i, t)	دسترسی ناحیه‌ی ا برای انجام فعالیت a در زمان t $I_a(i, t) = E [\max (U_a(i, j, t)) = \ln \sum_j \exp [V_a(i, j, t)]]$

مقصد شامل مقصد برگزیده‌ی واقعی و ۹ مقصد برای هر یک از اهداف خرید، تفریح، و کار شخصی برآورد می‌شوند. مدل‌ها احتمال شرطی انتخاب مقصد برای یک فعالیت داده‌شده را توصیف می‌کنند. فرایند بررسی فرضیه‌های جدول ۲ برای هدف‌های مختلف سفر در زیر آمده است.

#### آزمون فرضیه‌های انتخاب مقصد

نتایج برازندگی مرحله‌ی مدل‌های انتخاب مقصد برای فعالیت‌های مختلف به‌منظور آزمون فرضیه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. در این جدول مدل صفر (۰) از دو متغیر سنتی متداول در مدل‌های انتخاب مقصد، شامل ویژگی‌های جذب در مقصد و فاصله‌ی مبدأ تا مقصد تشکیل شده است (مدل پایه). مدل ۱ اهمیت فرصت‌های مقصد را در مقایسه با مدل پایه بررسی می‌کند (فرضیه ۱) و مدل‌های ۲ تا ۴، به ترتیب، ویژگی‌های مورد نظر در فرضیه‌های ۲ تا ۴ در جدول ۲ را به صورت متغیرهای ترکیب با فاصله‌ی مبدأ تا مقصد، به‌عنوان جایگزین متغیر ساده‌ی فاصله‌ی مبدأ تا مقصد (مدل ۱) مورد آزمایش قرار می‌دهند. ساختار مدل‌های پایه که از ساده‌ترین نوع مدل است، از برازندگی قابل قبولی برخوردار است ( $\chi^2 = 5/99$  بحرانی  $\chi^2$  با ۲ درجه آزادی و  $\alpha = 0/05$ ).

مدل ۱ به بررسی اهمیت عامل فرصت و دسترسی به آن در انتخاب مقصد می‌پردازد. این فرصت‌ها برای سفرهای خرید، تفریحی، و کار شخصی، به ترتیب، به صورت متغیر ترکیبی تعداد واحدهای کسبی  $\times$  متغیر ساختگی نشان‌دهنده‌ی ساعت کار این واحدها؛ متغیرهای تعداد واحدهای کسبی و مساحت پارک در مقصد؛ و متغیر ترکیب سه‌تایی تعداد واحدهای کسبی  $\times$  سرانه مالکیت سواری شخصی در مقصد  $\times$  متغیر ساختگی نشانگر ساعات کار

به‌عنوان جاذبه‌ی مقصد، و متغیر ساختگی ۱-۰، نشان‌دهنده‌ی واقع شدن مقصد سفر در محدوده‌ی مرکزی شهر، قرار دارند. گروه سوم را متغیرهایی تشکیل می‌دهند که بیانگر خصوصیات زمانی‌اند. در این گروه ساعت روز و لگاریتم آن قرار دارند. همچنین، متغیرهای ساختگی ۱-۰ مربوط به ساعات کار روزانه‌ی واحدهای کسبی و ساعات کار ادارات در این گروه قرار دارند. در گروه چهارم متغیر مرتبط با خصوصیات مکانی مبدأ یا مقصد به صورت فاصله‌ی زمانی بین مبدأ تا مقصد قرار دارند. متغیرهای بیان‌کننده‌ی تاریخچه‌ی فعالیت‌های روزانه، نظیر تعداد زنجیره‌ی سفر هر فرد، زمان سپری شده در خارج از منزل تا قبل از فعالیت موجود، و دو مجموعه‌ی متغیر ساختگی بیانگر وضعیت فعالیت در زنجیره‌ی سفر فعلی و زنجیره‌های قبلی، متغیرهای گروه پنجم را تشکیل داده‌اند. گروه ششم شامل شاخص‌های دسترسی مقصدهای سفر در آشیانه‌های پایین است که به صورت بیشینه‌های احتمال جهت استفاده در آشیانه‌های بالا محاسبه شده‌اند.

پیش از آنکه نتایج پرداخت مدل‌های انتخاب مقصد و فعالیت ارائه شود، شناسایی ویژگی‌های این انتخاب‌ها و عوامل مؤثر در آن در فرایند آزمون فرضیه‌ها صورت می‌گیرد. جدول ۲ فرضیه‌های مورد بررسی در این مطالعه را ارائه می‌دهد.

#### مدل انتخاب مقصد

مدل‌های انتخاب مقصد در سفرهای خانه - ابتدا برای هدف‌های سفر خرید، تفریح و کار شخصی تهیه شده‌اند. در فرایند پرداخت هر یک از انواع مدل‌های مورد اشاره متغیرهای توصیفی در هر مرحله وارد ساختار مدل می‌شوند و اهمیت آنها در افزایش برازندگی مدل ارزیابی می‌شود. ضرایب مدل‌ها با استفاده از مجموعه‌ی انتخاب

جدول ۲. توصیف فرضیه‌های انتخاب مقصد و فعالیت.

شماره‌ی فرضیه	توصیف فرضیه
۱	احتمال انتخاب مقصد به متغیر ترکیبی حاصل ضرب جاذبه‌های مقصد و زمان انجام فعالیت در مقصد بستگی دارد. به عبارت دیگر، در دسترس بودن فرصت‌های مقصد در ساعات روز، بر انتخاب مقصد تأثیر می‌گذارد.
۲	احتمال انتخاب مقصد مستقل از ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی افراد است.
۳	احتمال انتخاب مقصد مشروط به معلوم بودن فعالیت موجود، مستقل از تاریخچه‌ی فعالیت‌های گذشته است.
۴	احتمال انتخاب مقصد به ساعت روز بستگی دارد.
۵	ساعت روز در انتخاب فعالیت مؤثر است.
۶	احتمال انتخاب فعالیت در سفرهای خانه - ابتدا به فعالیت‌های گذشته بستگی دارد.
۷	احتمال انتخاب فعالیت به خصوصیات اقتصادی - اجتماعی افراد بستگی دارد.
۸	شاخص دسترسی و ویژگی‌های مکانی در انتخاب فعالیت مؤثرند.



جدول ۳. نتایج آزمون اهمیت عوامل مختلف بر انتخاب مقصد، به تفکیک در سفرهای خانه - ابتدا.

مدل	فرضیه	فعالیت در مقصد								
		خرید		تفریح		کار شخصی				
		df	$x^2$	-L( $\beta$ )	df	$x^2$	-L( $\beta$ )	df	$x^2$	-L( $\beta$ )
۰	انتخاب مقصد به ویژگی‌های مقصد و فاصله مبدأ تا مقصد بستگی دارد.	۲	۲۲۳/۴	۴۵۴/۱	۲	۱۷۸/۱	۴۳۵/۳	۲	۲۳۱/۶	۳۹۶/۲
۱	در دسترس بودن فرصت‌ها در مقصد بر انتخاب مقصد مؤثر است.	۳	۲۵۲/۷	۴۳۹/۵	۴	۱۹۱/۱	۴۲۸/۸	۳	۲۶۲/۸	۳۸۰/۶
۲	انتخاب مقصد مستقل از ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی افراد است.	۳	۲۵۱/۰	۴۴۰/۳	۴	۱۸۳/۲	۴۳۲/۷	۳	۲۵۶	۳۸۴/۰
۳	انتخاب مقصد مشروط به معلوم بودن فعالیت موجود مستقل از فعالیت‌های گذشته است.	۳	۲۳۷/۰	۴۴۷/۳	۴	۱۷۴/۶	۴۳۷/۰	۳	۲۵۴/۳	۳۸۴/۸
۴	انتخاب مقصد به ساعت روز بستگی دارد.	۳	۲۶۰/۹	۴۳۵/۴	۴	۱۴۵/۱	۴۵۱/۸	۳	۲۶۲/۱	۳۸۰/۹

در مدل‌های ۲ تا ۴ متغیر (های) بیانگر عامل مورد آزمون در فرضیه (زیر خط‌دار) به صورت حاصل ضرب در متغیر فاصله‌ی مبدأ تا مقصد، موجود در مدل ۱، وارد مدل شده است.  $df =$  درجه‌ی آزادی

کاهش  $x^2$  مدل ۳ در مقایسه با مدل ۱ برای تمام فعالیت‌ها، فرضیه‌ی مستقل بودن انتخاب مقصد از تاریخچه‌ی فعالیت‌های روزانه را نشان می‌دهد. این نتیجه یافته‌های پیشین را تأیید می‌کند. [۱۴]

مدل ۱ به بررسی نقش زمان شروع سفر (ساعت روز) بر انتخاب مقصد می‌پردازد. در این مدل متغیر ترکیبی لگاریتم زمان شروع سفر  $x$  فاصله‌ی مبدأ - مقصد جایگزین متغیر ساده‌ی فاصله‌ی مبدأ تا مقصد در مدل ۱ شده است. مقایسه مقادیر  $x^2$  مدل ۴ با مدل ۱ حکایت از بهبود مدل خرید در اثر ورود ساعت روز به مدل دارد و انتخاب مقصد تفریح و کار شخصی وابستگی چندانی به ساعت روز نشان ندادند. بنابراین، نتیجه می‌شود که فرضیه‌ی وابستگی انتخاب مقصد به ساعت روز در سفرهای با هدف خرید مورد تأیید است و در سایر سفرها تأیید نمی‌شود.

در فرایند آزمون فرضیه‌های مورد اشاره در بالا مدل‌های دیگری علاوه بر مدل‌های مورد اشاره تهیه شده‌اند. در این مدل‌ها اثرات هر متغیر جداگانه بررسی شده‌اند، که در نهایت حالت ترکیبی آنها که نقش مهم‌تری داشته، در آزمون فرضیه‌ها گزارش شده است. به عنوان مثال، هر یک از دو عامل اقتصادی - اجتماعی تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال و تعداد وسایل نقلیه شخصی خانواده، و یا هر یک از متغیرهای بیانگر تاریخچه‌ی فعالیت‌ها به طور جداگانه وارد مدل شده، و مورد بررسی قرار گرفته‌اند که به سبب اهمیت کمتر آنها، در مقایسه با مدل‌های گزارش شده، از ارائه‌ی نتایج آنها چشم‌پوشی شده است. به علاوه، برای هر یک از فعالیت‌های خرید، تفریح، و کار شخصی بهترین مدل تهیه شده که در زیر به جزئیات بیشتری درباره‌ی آنها پرداخته می‌شود.

ادارات تعریف شده است. اختلاف  $x^2$  هر یک از این مدل‌ها با  $x^2$  مدل پایه، بسیار بزرگ‌تر از مقدار بحرانی است (مقادیر  $x^2$  برای خرید و کار شخصی، به ترتیب، برابر با  $۲۹/۳$  و  $۳۱/۲$  به‌ازاء ۱ درجه‌ی آزادی در مقابل  $۳/۸۴ =$  بحرانی  $x^2$ ؛ و برای تفریح برابر با  $۱۳/۰$  به‌ازاء ۲ درجه‌ی آزادی در مقابل  $۵/۹۹ =$  بحرانی  $x^2$  در سطح اهمیت  $\alpha = ۰/۰۵$ ). این نتایج، اهمیت فرضیه‌ی مؤثر بودن دسترسی به فرصت‌ها را در انتخاب مقصد نشان می‌دهد.

فرضیه‌ی اهمیت ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی بر انتخاب مقصد توسط مدل ۲ و به صورت متغیر ترکیبی عوامل اقتصادی - اجتماعی (تعداد وسایل نقلیه و تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال خانوار)  $x$  فاصله‌ی مبدأ تا مقصد که جایگزین متغیر ساده‌ی فاصله‌ی مبدأ تا مقصد در مدل ۱ شده، مورد آزمایش قرار گرفته است. متغیر جدید موجب کاهش برآزندگی مدل‌های انتخاب مقصد هر سه فعالیت شده است. ( $x^2$  مدل ۲ نسبت به مدل ۱، در همان درجه‌ی آزادی کاهش یافته است). بر این اساس، ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی تأثیر مهمی بر انتخاب مقصد در سفرهای خانه - ابتدا نشان نمی‌دهند. مشابه این نتیجه در یک نمونه‌ی آماری کاملاً متفاوت با نمونه‌ی آماری این مطالعه نیز گزارش شده است. [۱۴]

بررسی نقش متغیر تاریخچه‌ی فعالیت - به عنوان عامل اثرگذار بر انتخاب مقصد - از طریق مدل ۳ صورت گرفته است. در مدل ۳ متغیر تاریخچه‌ی فعالیت شامل تعداد زنجیره‌های سفر و زمان سپری شده در خارج از خانه تا قبل از فعالیت مورد نظر، توسط هر فرد به صورت ترکیبی با متغیر فاصله‌ی مبدأ تا مقصد وارد شده است.

## مدل‌های انتخاب مقصد

جدول ۴. مدل‌های انتخاب مقصد سفرهای خانه - ابتدا به تفکیک فعالیت در مقصد.

متغیر	نوع فعالیت	
	تفریح	خرید
$d_{ij}$	-۰/۰۷۹۱ (-۶/۸۲)	-۰/۰۶۰۰ (-۹/۱۲)
$\ln(t) d_{ij}$		-۰/۰۳۲۵ (-۵/۴۸)
POP	۰/۰۳۰۲ (۲/۹۵)	-۰/۱۱۹۴ (-۵/۱۱)
$\ln(\text{POP})$		
$(\text{NSTOR})D_s(t) \times D_c$		۰/۱۸۵۴ (۵/۴۸)
$(\text{NSTOR})D_b(t) \times \text{CAR}$		
$(\text{NSTOR}) \times \text{CAR}$	۰/۹۷۶۴ (۳/۱۴)	
SPARK	۰/۴۸۲۲ (۲/۰۴)	
$L(0)$	-۵۱۱/۹۵	-۵۶۵/۸۱
$L(\beta)$	-۳۸۰/۵۸	-۴۳۴/۴۸
اندازه نمونه	۳۸۷۱	۳۸۹۱
$\rho^2$	۰/۲۵۷	۰/۲۳۲
$x^2$	۲۶۲/۸	۲۶۲/۷
df	۳	۳

توضیح:  $L(0)$  = لگاریتم بیشینه‌ی احتمال بدون ضرایب.  
 $L(\beta)$  = لگاریتم بیشینه‌ی احتمال با ضرایب مدل.  
 $x^2 = -2 [L(0) - L(\beta)]$   
 t: آماری t.

نیز تلقی کرد. مساحت پارک‌ها نیز در جذب سفرهای تفریحی به ناحیه‌های محل این پارک‌ها نقش عمده‌ی دارد.

## مدل انتخاب فعالیت

نتایج پرداخت مدل‌های نهایی انتخاب فعالیت سفرهای خانه - ابتدا در جدول ۵ نشان داده شده است. این مدل‌ها برای سه نوع فعالیت خرید، تفریح، و کار شخصی و پس از ساخت تعداد زیادی مدل، نهایی شده است. درستی فرضیه‌های ۵ تا ۸ مورد اشاره در جدول ۲ براساس ساختار مدل‌های جدول ۵ ارزیابی شده است.

همان‌گونه که از ساختار مدل‌ها مشاهده می‌شود، اهمیت زمان شروع سفر در انتخاب فعالیت خرید بسیار مهم است و در فعالیت‌های تفریح و کار شخصی اهمیت چندانی ندارد (ضریب متغیر ساعت روز

جدول ۴ ساختار پرداخت شده‌ی مدل‌های انتخاب مقصد را برای فعالیت‌های خرید، تفریح، و کار شخصی در سفرهای خانه - ابتدا نشان می‌دهد. در اینجا نیز علامت مثبت ضریب یک متغیر بیانگر این است که متغیر مربوط، باعث افزایش احتمال نسبی انتخاب مقصد شده و علامت منفی ضریب یک متغیر در مدل نشان از این دارد که احتمال نسبی انتخاب مقصد، کاهش خواهد یافت. از ضرایب مدل‌های نهایی، می‌توان دریافت که افزایش جمعیت ساکن یک ناحیه که بیانگر مسکونی بودن ناحیه است، باعث کاهش انتخاب مقصد در فعالیت‌های خرید و کار شخصی می‌شود (در مدل کار شخصی لگاریتم جمعیت ظاهر شده است) و کاملاً طبیعی است که افراد مقصد خرید و کارهای شخصی (به‌عنوان مثال، مراجعه به ادارات) خود را از بین نواحی تجاری، در مقایسه با نقاط مسکونی، انتخاب کنند. از سوی دیگر، علامت مثبت این متغیر در مدل تفریح حاکی از آن است که افراد تمایل دارند جهت تفریح ناحیه‌هایی را انتخاب کنند که جمعیت ساکن آنها بیشتر است و منطقی است که با در نظر گرفتن سفر «دیدار آشنایان» به‌عنوان سفر تفریحی، نتیجه‌ی فوق حاصل شود.

فاصله‌ی بین مبدأ و مقصد، دیگر متغیر این مدل‌ها را تشکیل می‌دهد که تأثیری منفی در انتخاب مقصد سفرهای تفریحی و کار شخصی خانه - ابتدا دارد. آماری t بالای این متغیر در هر دو مدل اهمیت این متغیر را نشان می‌دهد.

متغیر فاصله‌ی مبدأ تا مقصد در مدل خرید به‌صورت حاصل ضرب با زمان شروع سفر، با همان علامت منفی در مدل ظاهر شده است. این متغیر ترکیبی نه تنها نقش منفی فاصله‌ی مبدأ تا مقصد در انتخاب مقصد را بیان می‌کند، بلکه میزان تأثیر آن را به‌صورت تابعی از ساعت روز نشان می‌دهد. بر این اساس، افراد با نزدیک شدن به انتهای روز تمایل بیشتری به انتخاب مقاصد نزدیک خانه دارند، و از انتخاب مقاصد در فواصل دور از خانه اجتناب می‌کنند. این یافته به‌نوعی نشان‌دهنده‌ی محدودیت بودجه‌ی زمانی سفر و تأثیر آن بر رفتار است.

متغیر ترکیبی حاصل ضرب «تعداد واحدهای کسبی» در «سرانه‌ی مالکیت اتومبیل» در کل اثر مثبت بر روی انتخاب مقصد تفریحی نشان می‌دهد. در این مطالعه، سرانه‌ی مالکیت اتومبیل به‌عنوان جانشین درآمد یا وضعیت مالی یک ناحیه به کار رفته است، و از این رو انتظار می‌رود نواحی با واحدهای کسبی بیشتر - تجاری‌تر - احتمال بیشتری در انتخاب به‌عنوان مقصد تفریح داشته باشند، ضمن آن که احتمال مناطق با سرانه‌ی مالکیت اتومبیل بیشتر (احتمالاً امکانات تفریحی و رفاهی بهتر) افزایش یابد. این نتیجه را می‌توان ناشی از دیدن ویتترین مغازه‌ها به‌عنوان نوعی تفریح



جدول ۵. مدل‌های انتخاب فعالیت سفرهای خانه - ابتدا.

متغیر	نوع فعالیت	
	خرید	تفریح
ثابت	-۴/۸۱۹۳ (-۴/۰۲)	۴/۱۷۷۶ (۲/۶۱)
SHP	-۰/۵۵۱۳ (-۲/۷۰)	
SRP	۱/۲۹۱۸ (۲/۱۵)	-۰/۳۸۷۷ (-۱/۷۶)
PBP	۰/۲۶۱۰ (۲/۴۲)	
t	-۰/۴۷۹۰ (-۲/۸۷)	-۰/۳۱۸۴ (-۱/۴۹)
NCARS	۰/۰۵۵۷ (۳/۳۵)	۰/۵۸۹۱ (۳/۵۷)
NCHLD	-۰/۴۸۰۸ (-۱/۷۹)	۰/۵۵۰۶ (۳/۶۶)
ISH(i,t)	۰/۲۷۱۸ (۱/۵۸)	
ISR(i,t)		۰/۱۳۹۵ (۰/۷۳)
IPB(i,t)		۰/۷۱۹۴ (۲/۰۳)

توضیح:  $L=0 = -۸۴۲/۲۵$  $L(\beta) = -۶۴۱/۰۶$ 

اندازه‌ی نمونه = ۱۱۸۶۵

 $\rho^2 = ۰/۲۳۹$ 

t: آماری.

سرخانه گزارش شد.<sup>(۱۲۲)</sup> این در حالی است که فرد قبلاً سفر تفریحی یا سفری به منظور کار شخصی انجام داده باشد بر روی سفر خرید تأثیر مثبت خواهد داشت. همچنین، انجام سفر تفریحی در گذشته تمایل به انجام آن را در آینده کاهش می‌دهد. درستی فرضیه‌ی ۶ با توجه به موارد بالا مورد قبول است.

متغیرهای بیان‌کننده‌ی ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی افراد بر انتخاب فعالیت آنها تأثیر می‌گذارد. افزایش تعداد وسایل نقلیه‌ی شخصی خانوار موجب افزایش احتمال شرکت در فعالیت‌های خرید و کار شخصی می‌شود. از سوی دیگر، تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال در خانواده عامل بازدارنده در انتخاب سفر خرید، و تشویق‌کننده به انجام سفرهای تفریحی است. نتایج بالا که منطقی و قابل انتظار است، درستی فرضیه‌ی ۷ را نیز نشان می‌دهد.

ویژگی‌های مکانی انتخاب فعالیت که از نتایج مرحله‌ی نخست ساخت مدل انتخاب مقصد حاصل می‌شود، از نقش چندان برجسته‌ی برخوردار نیستند. اگرچه شاخص‌های دسترسی همگی دارای علامت مثبت و در فاصله‌ی مجاز بین ۰ و ۱ نتیجه شده‌اند، ولی غیر از مدل فعالیت کار شخصی اهمیت آنها در مدل‌های خرید و تفریح چندان چشمگیر نیست، به‌ویژه نقش بسیار کم اهمیت شاخص دسترسی در انتخاب فعالیت تفریح حائز توجه است. به‌طور کلی اهمیت متغیرهای ساعت روز، تاریخچه‌ی فعالیت، و ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی بر انتخاب فعالیت در سفرهای خانه - ابتدا در مقایسه با متغیرهای شاخص دسترسی برجسته‌تر است، و از این رو، فرضیه‌ی ۸ تنها در مورد فعالیت کار شخصی تأیید می‌شود.

### توان مدل در بازسازی مشاهدات

در این مطالعه، مدل انتخاب مقصد و فعالیت‌های خانه - ابتدا مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی مدل‌های تهیه شده کافی است که مقایسه‌ی بین مشاهدات و مدل صورت گیرد. شکل ۲ الف فراوانی نسبی شرکت در سه فعالیت خرید، تفریح، و کار شخصی را بر مبنای مشاهدات این‌گونه سفرها در نمونه‌ی آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد. شکل ۲ ب سهم (احتمال) فعالیت‌های فوق را توسط مدل‌های تهیه شده نمایش می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مدل‌های تهیه‌شده به‌خوبی توانسته‌اند روند کلی رفتار هر یک از سه نوع سفر بالا را بازسازی کنند. این بدان معناست که احتمال رفتن به خرید در ساعات بین روز (۹ صبح تا ۳ بعدازظهر) از محل خانه نسبت به تفریح و کار شخصی بیشترین است، در حالی که این تمایل برای کارهای شخصی در ساعات اولیه‌ی روز و برای تفریح در ساعات پایانی روز است. مدل‌های پرداخت شده در این مطالعه این روند را

در مدل تفریح در سطح اهمیت  $\alpha = ۰/۰۵$  مهم نیست). علامت منفی ساعت روز را برای انتخاب خرید می‌توان ناشی از ویژگی محدودیتی بودجه‌ی زمانی سفر در ساعات پایانی روز دانست که موجب کاهش شرکت در این‌گونه فعالیت‌ها می‌شود. اصولاً انتظار می‌رود روند بازگشت به خانه از مبدأ غیر خانه افزایش داشته باشد.<sup>[۲۲، ۱۴]</sup> در این صورت فرضیه‌ی ۵ مبنی بر اهمیت نقش ساعت روز بر انتخاب فعالیت تأیید می‌شود.

متغیرهای تاریخچه‌ی فعالیت به‌طرز ویژه‌ی در انجام سفر خرید خانه - ابتدا اهمیت دارند، به‌طوری‌که هر یک از سفرهای خرید، تفریح و یا کار شخصی در زنجیره‌ی قبلی، در سفر خرید خانه - ابتدا مؤثرند. تأثیر سفر خرید قبلی بر سفر خریدی دیگر منفی است و به نظر می‌رسد که افراد سفرهای خرید روزانه‌ی خود را در یک زنجیره انجام دهند و تمایلی به سفرهای خرید در بیش از یک زنجیره نداشته باشند (تمایل سفرهای خرید در یک زنجیره‌ی سفر در سفرهای هیچ

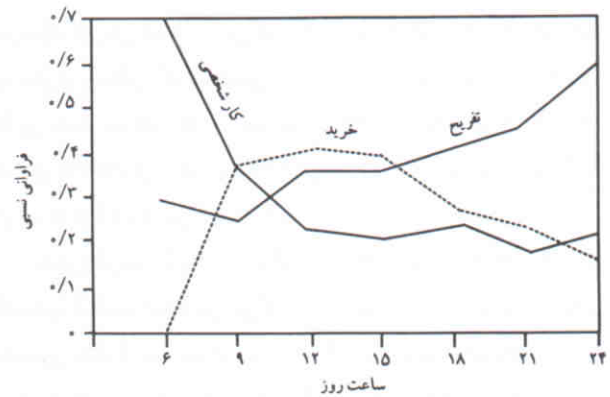
عامل جذب در مقصد هنگامی که در وضعیت ارائه‌ی خدمات (مثلاً، مغازه‌ها یا دفاتر باز است)، تأثیر مهمی در جذب افراد دارد. ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی در قالب متغیرهای تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال خانوار و تعداد وسایل نقلیه‌ی شخصی آنها تأثیر چندانی بر انتخاب مقصد در هر یک از فعالیت‌های خرید، تفریح، و کار شخصی نشان نمی‌دهند. اهمیت ناچیز تأثیر عوامل بیان‌کننده‌ی تاریخچه‌ی فعالیت روزانه، نظیر تعداد سفرهای زنجیره‌ی، و زمان سپری شده در خارج از خانه بر انتخاب مقصد نیز از دیگر نتایج این پژوهش است. از سوی دیگر، نقش ساعت روز بر انتخاب مقصد دارای اهمیت است، به‌ویژه در سفرهای خانه - ابتدا با هدف خرید که این برجستگی کاملاً مشهود است. در مورد فعالیت‌های تفریح و کار شخصی، میزان تأثیر متغیر ساعت روز بر انتخاب مقصد این نوع فعالیت‌ها قابل توجه نیست.

نتایج به‌دست آمده نشانگر آن است که شرکت در فعالیت خرید یا تفریح در گذشته بر انتخاب فعالیت مشابه در آینده تأثیر منفی دارد، که به‌معنای عدم تمایل افراد در انجام سفرهای خرید یا تفریح در زنجیره‌های متوالی سفر است. انجام فعالیت‌های تفریحی و کار شخصی در زنجیره‌ی سفرهای قبلی تأثیر مثبتی در سفرهای خرید آینده دارد.

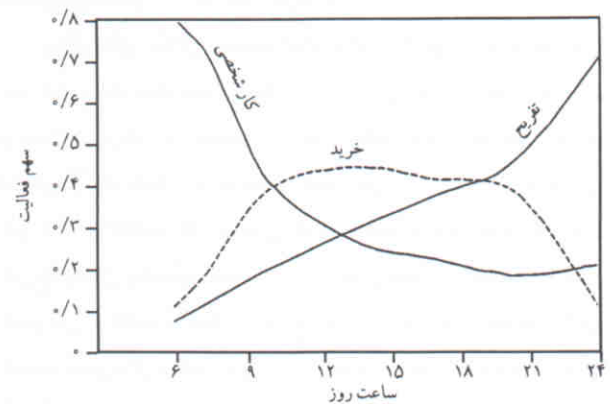
در حالی که افزایش تعداد وسایل نقلیه‌ی سواری خانوار بر تمایل به انجام سفرهای خرید کار شخصی می‌افزاید، تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال در خانواده موجب کاهش تمایل به خرید می‌شود. در انجام سفرهای تفریحی متغیر اخیر تأثیر مثبتی دارد که تا حد زیادی بدیهی به نظر می‌رسد در انتخاب فعالیت نقش متغیرهای مکانی بیانگر ویژگی‌های محل انجام آن فعالیت (مقصد) چندان برجسته نیست. شاخص‌های دسترسی تنها در فعالیت کار شخصی از اهمیت قابل قبولی برخوردارند، و در سایر فعالیت‌ها کم تأثیرند.

نتایج این مطالعه از چند نظر حائز اهمیت است. نخست آنکه ساختار مدل‌ها با وجود سادگی قادر است ویژگی‌های پیچیده‌ی رفتار سفر را که نمایانگر رفتار سفر روزانه‌ی افراد همراه با همبستگی‌های بین انتخاب‌های مختلف آنهاست، بازسازی کند. فرایند تصمیم‌گیری قابل تجزیه به انتخاب‌های متوالی است که مدل‌های احتمال مشروط آنها قابل پرداخت خواهد بود.

از جمله فعالیت‌های آینده در راستای این پژوهش می‌تواند بررسی اعتباریابی فرض استقلال‌بخش خطای مدل‌های لجیت در انتخاب مقصد باشد. با استفاده از تحلیل خطا، همبستگی بین خطای تابع مطلوبیت در انتخاب بین فعالیت‌های مختلف قابل بررسی است. همچنین، شکل‌های دیگری از تابع خطا قابل ارزیابی خواهد بود.



الف) مشاهده‌ی فراوانی نسبی انتخاب در سفرهای یک‌سرخانه. مشخصات خانواده: تعداد افراد = ۵، تعداد فرزندان زیر ۱۸ سال = ۲، تعداد سواری شخصی تحت تملک = ۱



ب) برآورد احتمال انتخاب فعالیت در سفرهای یک‌سرخانه. شکل ۲.

نشان داده‌اند. مشابه چنین نتایجی در جای دیگر گزارش شده است<sup>[۲۳]</sup> که مقایسه‌ی بین آنها بیانگر این واقعیت است که رفتار انسان‌ها از نظر شرکت در فعالیت‌های روزانه به مقدار زیادی تابع شرایط محیطی نظیر ساعات کار، ساعات باز بودن مغازه‌ها و ارائه‌ی خدمات است. به علاوه، شرایط و نیازهای نسبتاً مشابه زیست‌شناختی افراد، نظیر نیاز به خواب در شب و بیدار شدن در صبح، می‌تواند شباهت رفتار را به وجود آورد.

### نتیجه‌گیری

آشکار شدن تأثیر ساعت - روز و تاریخچه‌ی فعالیت‌های روزانه بر انتخاب مقصد سفر و نوع فعالیت از نتایج اصلی این پژوهش است. اهمیت عوامل بالا بر انتخاب مقصد سفرهای خانه - ابتدا به‌صورت آزمون فرضیه‌ها و از طریق ساخت مجموعه‌ی مدل‌ها انجام شده است. نتایج بررسی نقش فرصت‌ها و دسترسی به آنها در مقصد سفر، اهمیت تأثیر این عوامل را نشان داد. تعداد واحدهای کسبی به‌عنوان



همچنین، کاربرد مدل در بازسازی رفتار انتخاب مقصد و فعالیت و نیز اعتباریابی نتایج آن از دیگر موضوعات پژوهشی است که قابل بررسی در آینده است.

به علاوه، بخش دیگری از ساختار مدل مرحله‌ی شامل مدل مدت زمان شرکت در فعالیت می‌شود. در این رابطه، شناسایی همبستگی‌هایی که ممکن است بین اجزاء مدل باشد، اهمیت می‌یابد.

### پانوشتها

1. aggregate
2. disaggregate
3. life style
4. spatio-temporal constraints
5. destination choice
6. activity choice
7. markov process
8. logit model
9. sequential
10. simultaneous
11. multinomial logit model
12. random error terms

۱۳. این ویژگی تحت عنوان «استقلال گزینه‌های نامرتب» (Independent Irrelevant Alternatives (IIA) مشهور است.

### منابع

1. Hutchinson, B.G. *Principles of Urban Transport Systems Planning*, Scripta Book Company, Washington D.C. (1974).
2. Ben-Akiva, M.E. "Structure of passenger travel demand models," *Transportation Research Record*, **526**, PP. 26-42, (1974).
3. Richards, M.G. and M.E. Ben-Akiva. *A Disaggregate Travel Demand Model*, Saxon House Farnborough, (1975).
4. Stopher, P.R. and A.H. Meyburg. *Behavioral Travel Demand Models*, D.C. Heath, Lexington, MA, (1976).
5. Manheim, M.L. *Fundamentals of Transportation System Analysis: I, Basic Concepts*, MIT Press, Cambridge, MA, (1979).
6. Spear, B.D. *Application of New Travel Demand Forecasting Techniques to Transportation Planning*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, (1977).
7. Heggie, I.G. "Putting behaviour into behavioural models of travel choice," *Journal of Operation Research*, **29**, PP. 541-550, (1978).
8. Domenich, T.A. and D. McFadden. *Urban Travel Demand*. Amsterdam: North Holland Publishing Company, (1975).
9. Ben-Akiva, M.E., S.R. Lerman, and M.L. Manheim. "Disaggregate models: An overview of some recent results and practical application," in *Proceedings of the PTRC Summer Meeting*, London, PTRC, (1976).
10. Hanson, S. "Urban-travel linkages: An overview" in Hensher, D.A. and P.R. Stopher, eds., *Behavioural Travel Modelling*, Croom Helm, London, PP. 81-100, (1979).
11. Damm, D. "Parameters of activity behavior for use in travel analysis," *Transportation Research*, **16A**, PP. 135-148, (1982).
12. Adler, T.J. "Behavioral impacts of the energy shortage: shift in trip-making characteristics," *Transportation Research Record*, **592**, PP. 38-39, (1976).
13. 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).
14. Kitamura, R. and M. Kermanshah. "Sequential model of interdependent activity and destination choices" *Transportation Research Record*, **987**, PP. 81-89, (1984).
15. Stearns, M. "Behavioral impacts of the energy shortage: shift in trip-making characteristics," *Transportation Research Record*, **592**, PP. 38-39, (1976).
16. Damm, D. *Toward a Model of Activity Scheduling Behavior*, Interdepartmental Doctoral Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, (1979).
17. Root, G.S. and W.W. Recker. "Toward a dynamic model of individual activity pattern formulation," in Carpenter, S.M. and P.M. Jones, eds., *Recent Advances in Travel Demand Analysis*, Gower, Aldershot, PP. 371-382, (1983).
18. Adler, T.J. and M.E. Ben-Akiva. "A theoretical and empirical model of trip channing behavior," *Transportation Research*, **13B**, PP. 248-257, (1979).
19. Horowitz, J. "A disaggregate demand model for non-work travel that includes multi-destination travel," *Transportation Research Record*, **673**, PP. 65-71, (1978).
20. Ortuzar, J.D. and L.G. Willumsen. *Modelling Transport*, John Wiley and Sons, New York, NY, (1994).
21. Koppelman, F.S. and C.H. Wen. "Nested logit models: which are you using?," *Transportation Research Record*, **1645**, PP. 1-7, (1998).
۲۲. مدرس دزفولی، سیدعلی. تهیه مدل مرحله‌ی انتخاب نوع فعالیت و مقصد سفر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۷۷).
23. Kermanshah, M. *Time, History, and Location Dependencies of Spatial Choice*, Ph. D dissertation, Dept. of Civil Eng. Univ. of California, Davis, (1984).