

# توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله در زمان‌های مختلف روز (مطالعه موردی: شهر اصفهان)

حسین حق شناس، استادیار، دانشکده حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران،

فرزانه هداوند، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

E-mail: ho\_hagh@iut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۷ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۹

## چکیده

مدلسازی تقاضای سفر به روش فعالیت مبنا، رویکردی ناهمفزون و رفتاری است که برای بهبود مدل‌های چهار مرحله‌ای در پیش‌بینی‌های مربوط به اجرای سیاست‌های مدیریت تقاضا به وجود آمده و در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در پژوهش حاضر تلاش شده تا مدل تقاضای سفر فعالیت مبنا که توانایی پیش‌بینی اجزای برنامه‌ریزی فعالیت روزانه را در سطح ناهمفزون داشته باشد و تعاملات بین فعالیت‌ها و سفرهای روزانه را در نظر بگیرد، برای شهر اصفهان توسعه یابد. به همین منظور ساختار اطلاعاتی فعالیت مبنا از داده‌های مطالعات جامع سال ۱۳۹۱ شهر اصفهان، تهیه شد. با استفاده از این اطلاعات، تصمیم‌های برنامه‌ریزی فعالیت روزانه بر مبنای مدل فعالیت مبنا، شهر بوستن شامل انتخاب‌های الگو، زمان روز تور اصلی، وسیله تور اصلی، زمان روز تور ثانویه و وسیله تور ثانویه برای هر فرد در نمونه شناسایی شده و با مدل‌های لوحیت دوگانه یا چندگانه ناهمفزون مدلسازی و بررسی شدند. از آن‌جا که بین رفتار انتخاب وسیله تور اصلی و ثانویه شباهت زیادی وجود داشت، با ارائه ساختارهای جدیدی برای مدل‌های انتخاب وسیله، رفتار انتخاب وسیله افراد یک بار به‌طور کلی برای همه تورها و بار دیگر برای زمان‌های مختلف روز مدلسازی شد و مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله علاوه بر شاخص‌های مطالعات قبلی، به شاخص توانایی مدل در پیش‌بینی صحیح انتخاب‌ها نیز توجه شده است. متغیرهای تأثیرگذار ظاهر شده در توابع مطلوبیت، شناخت خوبی از رفتار فعالیت و سفر شهروندان به دست می‌دهند که می‌تواند در تصمیم‌های حمل و نقلی مورد استفاده قرار بگیرد. برای نمونه وجود فرزند خردسال در خانواده، نوع الگوی فعالیت روزانه، مقصد خارج از شهر، نوع شغل و جنسیت فرد، مالکیت خودرو و ... به عنوان عوامل تأثیرگذار بر انتخاب وسیله افراد شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: اصفهان، الگوی فعالیت، رفتار سفر، فعالیت مبنا، لوحیت

## ۱. مقدمه

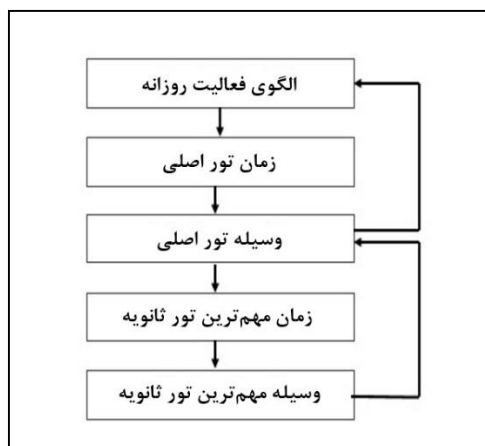
مدیران و برنامه‌ریزان حمل و نقل باید بتوانند اثر تغییرات در زیرساخت‌ها، ویژگی‌های سیستم حمل و نقل و کاربران آن را بر تقاضای حمل و نقل پیش‌بینی کنند [Bhat et al. 2003]. امروزه با تأکید بر اهمیت فهم پاسخ‌های رفتاری سفر به برنامه‌های کوتاه مدت از جمله سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل و نقل به‌جای راهبردهای بلند مدت، نیاز به در نظر گرفتن واقع‌بینانه رفتار افراد در این پیش‌بینی‌ها بیشتر احساس می‌شود.

در همین راستا مدل‌سازی تقاضای سفر به‌روش فعالیت مبنا که رویکردی ناهمفزون و رفتاری است، در مناطق مختلف جهان بسیار مورد توجه قرار گرفته است. رویکرد فعالیت مبنا نسبت به مدل‌های سنتی چهار مرحله‌ای چارچوب گسترده‌تری برای ارائه واقع‌بینانه‌تر اثر شرایط روی فعالیت‌ها و انتخاب‌های سفر دارد و در مواردی مثل در نظر گرفتن محدودیت‌های واقعی زمان و مکان، روابط بین فعالیت‌ها و سفرهای یک فرد و روابط بین اعضای خانواده، پیشرفته‌تر است [Castiglione, Bradley and Gliebe 2015 and Subbarao and Krishnarao 2016].

مدل‌های فعالیت مبنا در طول دهه ۱۹۷۰، در پی نارضایتی از دقت پیش‌بینی مدل‌های چهارگانه در بررسی برنامه‌های مربوط به اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل و نقل به‌وجود آمدند [Jovicic 2001]. این مدل‌ها طی دو دهه اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفتند و تاکنون برای مناطق زیادی از جمله کلمبوس<sup>۱</sup>، دنور<sup>۲</sup>، اوهایو، نیویورک، ساکرامنتو، سن‌دیگو، سان‌فرانسیسکو، آتلانتا، فلوریدا، تورنتو، پورتلند، بوستن، هلند و ... توسعه یافته‌اند [Bulter 2012; Subbarao and Krishnarao 2016 and Rassafi and Latifi 2012]. مدل‌های فعالیت مبنا اغلب به یکی از دو صورت مدل‌های قاعده مبنا، مدل‌های انتخاب گسسته فعالیت مبنا یا ترکیبی از این دو توسعه می‌یابند. مدل‌سازی به‌روش قاعده مبنا با استفاده

از برنامه‌نویسی‌های پیچیده به‌وسیله تعریف یک سری قواعد و فرآیندهای تکراری صورت می‌گیرد و اغلب برای موضوعات بسیار خاص به‌کار می‌رود [Jovicic, 2001]. مدل‌های فعالیت مبنا انتخاب گسسته که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بر اساس نظریه مطلوبیت تصادفی شکل می‌گیرند. از مهم‌ترین این مدل‌ها می‌توان به مدل‌های فعالیت مبنا بوستن و پرتلند اشاره کرد که به‌ترتیب در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۸ توسط بومن<sup>۳</sup> توسعه یافتند. هر دو مدل با رویکردی مشابه و در قالب یک سیستم مدل‌سازی چند سطحی از مدل‌های لجستیک چندگانه و آشیانه‌ای ساخته شدند که بالاترین سطح مدل مربوط به انتخاب الگو و سطوح پایین‌تر انتخاب‌های مربوط به زمان روز، وسیله-مقصد و یا توقف‌های میانی در تورهای افراد بودند. الگوهای فعالیت روزانه در این دو پژوهش بر اساس مواردی شامل فعالیت اصلی روز، ساختار تورهای اصلی و ثانویه و وجود توقف اضافی در تورها تقسیم‌بندی شدند که از این دسته‌بندی در سیستم پرتلند ۱۱۴ و در سیستم بوستن ۵۵ گزینه برای مدل انتخاب الگو به‌وجود آمد. فرض این مدل‌ها بر این بود که بین سطوح مختلف یک ارتباط آشیانه‌ای مرحله‌ای<sup>۴</sup> برقرار باشد؛ یعنی مدل هر سطح مشروط به مدل سطح بالاتر از خود بوده و از مطلوبیت عمومی مدل سطح پایینی خود تأثیرپذیرد که در مواردی امکان برقراری این ارتباط وجود نداشت. برای نمونه در مدل بوستن برنامه‌ریزی فعالیت فرد شامل پنج مرحله متوالی انتخاب الگو، زمان روز تور اصلی، وسیله-مقصد تور اصلی، زمان روز تور ثانویه و وسیله-مقصد تور ثانویه در نظر گرفته شد که برای مدل‌های زمان روز تورهای اصلی و ثانویه، پارامترهای مطلوبیت عمومی در بازه قابل قبول صفر تا یک نبودند و نیز خطای استاندارد خیلی بالایی داشتند که باعث شد این مدل‌ها از ساختار آشیانه‌ای خارج شوند. **Error!** **Unknown switch argument.** مدل‌سازی فعالیت مبنا شهر بوستن را نشان می‌دهد [Bowman 1995; 1998; 2001].

توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...



شکل ۱. سیستم مدل فعالیت مبنا بوسستن

نزدیک به شهر که شرایطشان به شهر شبیه‌تر است، ساختارهای مستقل نتایج بهتری به دست می‌دهند [Asgari, 2010; Rassafi and Latifi, 2012 and Salimi, 2010] در این سه پژوهش مدل‌ها بر اساس شاخص‌های معمول ارزیابی مدل‌های لجیت انتخاب شده‌اند، درحالی‌که گزینه‌های متعددی برای انتخاب الگو، وسیله و زمان سفر وجود داشته و به قدرت پیش‌بینی مدل برای داده‌های واقعی توجه نشده است.

در مطالعه‌ای دیگر شمشیری‌پور و همکاران، انتخاب فعالیت و شیوه همراهی سالمندان را به صورت تصمیمی هم‌زمان برای نمونه‌ای ۲۸۷۶ نفره از سالمندان منطقه آتلانتای آمریکا بررسی کردند. در مجموع شش نوع فعالیت کار، خرید، پایش سلامتی، اجتماعی، تفریحی و شخصی به همراه تصمیم همراهی شدن در نظر گرفته شد. نتایج مدل لجیت چندگانه مورد استفاده در این مطالعه نشان داد که سالمندان آقا سفرهای مستقل بیشتری نسبت به سالمندان خانم انجام می‌دهند. هم‌چنین سالمندانی که دورکاری می‌کنند و یا در مرکز شهر ساکن‌اند، فعالیت‌های اجتماعی بیشتری انجام می‌دهند [Shamshiripour, Armagan and Samimi, 2015]. مددوخی و روشنایی، انتخاب الگوی زنجیره سفر را برای تورهای سه سفره شهروندان قزوینی در قالب مدل لجیت چندگانه بررسی کردند. گزینه‌های انتخاب شامل الگوهای «کار

یابی<sup>۵</sup> و محمدیان (۲۰۰۹)، مدل فعالیت مبنا جاکارتای اندونزی را با روشی مشابه با مدل بوسستن و پورتلند و با اصلاح چارچوب‌های ارائه شده برای این مدل‌ها توسعه دادند تا مدلی معتبر برای تولید الگوهای فعالیت و سفر کشورهای در حال توسعه فراهم شود. این مدل یک ساختار تور مبنا دارد و سلسله مراتب تصمیم‌گیری در آن شامل انتخاب «الگو»، «زمان روز»، «وسیله و مقصد» تورها و «مکان توقف‌های اضافی» در تورها است [Yagi and Mohammadian, 2010]. از مهم‌ترین پژوهش‌های فعالیت مبنا داخل کشور می‌توان به مطالعه عسگری (۱۳۸۸) برای روستاهای نزدیک به مرکز استان فارس، سلیمی (۱۳۸۸) برای روستاهای دور از مرکز استان فارس و رصافی (۱۳۹۱) برای منطقه سه شهر تهران اشاره نمود. در هر سه پژوهش، پنج مرحله انتخاب مشابه با مدل بوسستن و با گزینه‌های ساده‌تر برای مدل‌های الگوی فعالیت (۱۸ نوع الگو) در نظر گرفته شد. این سه پژوهش ارتباط بین مراحل تصمیم‌گیری را در قالب ساختارهای مستقل، آشیانه‌ای و هم‌زمان بررسی نمودند که عسگری و لطیفی ساختارهای مستقل و سلیمی ساختار هم‌زمان را برای ساخت مدل‌های پنج مرحله‌ای برنامه فعالیت روزانه بهتر ارزیابی کردند. این تفاوت می‌تواند به نوع نمونه و محل مورد نظر مربوط باشد. از نتایج این پژوهش‌ها می‌توان چنین دریافت که برای حمل و نقل شهری و روستاهای

جدیدی برای مدل‌های انتخاب وسیله، انتخاب افراد در زمان‌های مختلف روز مورد توجه قرار گرفت.

## ۲. بانک اطلاعاتی فعالیت - مبنا

در رویکرد فعالیت - مبنا به داده‌های پرسش‌نامه‌ای که از روش مصاحبه فعالیت‌های زمانی<sup>۵</sup> به دست آمده باشند، نیاز است. در این نوع مطالعه، داده‌های مربوط به همه فعالیت‌های داخل و خارج خانه فرد در طول دوره یک روزه جمع‌آوری می‌شود. همچنین اطلاعات اجتماعی - اقتصادی فرد و خانوار بایستی جمع‌آوری شود. نوع این اطلاعات، شباهت زیادی به برداشت اطلاعات مبدأ - مقصد سفرهای خانوار دارد. در مطالعات سفر خانوار، که برای مدل‌های سفر مبنا به کار می‌روند، تنها فعالیت‌های خارج از خانه در قالب اهداف سفر جمع‌آوری می‌شوند؛ اما تجربه نشان داده که نرخ پاسخ‌گویی به مصاحبه در این دو نوع مطالعه، تفاوت چندانی نمی‌کند. از این رو همان مطالعات مورد استفاده برای مدل‌های سفر مبنا نیز می‌توانند برای توسعه مدل‌های فعالیت مبنا به کار روند. [Bhat et al. 2003; Bhat and Koppelman, 2000; Castiglione, Bradley and Gliebe, 2015]. در این پژوهش از بانک اطلاعاتی سفرهای مبدأ - مقصد مطالعات جامع شهر اصفهان در سال ۱۳۹۱ استفاده شده است. این داده‌ها شامل ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی افراد و خانواده‌ها، محل سکونت و اطلاعات مربوط سفرهای روزانه ۱۰۱۲۳ نفر از شهروندان است. با استفاده از این اطلاعات، الگوهای فعالیت افراد، زمان‌ها و وسایل تورهای سفر آن‌ها به عنوان متغیرهای انتخاب شناسایی شدند. همچنین متغیرهای مستقل مورد نیاز شامل ویژگی‌های اجتماعی - اقتصادی فرد و خانواده مثل سن، جنسیت، تعداد اعضای خانواده، شغل، موقعیت مقصد تورها (داخل یا خارج از شهر) و مواردی از این دست در نظر گرفته شدند. این متغیرها در پیوست آمده‌اند.

و همراهی - سفرهای اجباری - منزل»، «کار و همراهی - سفرهای اختیاری - منزل»، «تحصیل - تمام هدف‌ها - منزل» و «سایر - تمام هدف‌ها - منزل» بودند. نتایج نشان داد که متوسط زمان سفر، سن مسافر، جنسیت، در اختیار داشتن خودرو، نرخ تجاری محل زندگی، پیاده رفتن، شغل و سرانه مالکیت خودرو در ناحیه مبدأ بر انتخاب انواع مختلف الگوی زنجیره سفر مؤثر است. در این مطالعه تنها از اطلاعات ۷۰۸ نفر از شهروندان با الگوی روزانه دارای یک تور سه سفره استفاده شد و بنابراین ویژگی‌های آن‌ها قابل تعمیم به کل شهروندان نبود [Mamdoohi and Roshanaei, 2016].

به طور کلی پژوهش‌های داخلی ذکر شده در بالا، برای حمل و نقل روستایی یا بخشی از یک جامعه شهری بوده‌اند و یا از داده‌های خارج از کشور استفاده نموده‌اند. در این پژوهش اطلاعات اجتماعی - اقتصادی و مبدأ - مقصد سفرهای روزانه بیش از ده هزار نفر از شهروندان اصفهانی مورد استفاده قرار گرفته است تا مدل‌های فعالیت مبنا در قالب مدل‌های انتخاب گسسته، برای اولین بار در ایران در سطح کلان‌شهری چون اصفهان توسعه یابند. نتایج حاصل از این مدل‌ها شناخت خوبی از رفتار فعالیت و سفر شهروندان به دست می‌دهند که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های حمل و نقلی شهر اصفهان مورد استفاده قرار بگیرد.

برای توسعه مدل‌ها در این پژوهش، علاوه بر شاخص‌های مطالعات قبلی، برای انتخاب مدل‌های برتر، با کاهش تعداد گزینه‌ها به شاخص توانایی مدل در پیش‌بینی صحیح انتخاب‌ها نیز توجه شده است؛ بنابراین مدل‌های حاصل را می‌توان با اطمینان خوبی برای پیش‌بینی اجزای برنامه فعالیت و سفر روزانه افراد به کار برد. ساختار اولیه مدل‌سازی بر پایه مدل پنج مرحله‌ای بوستن و با اصلاحاتی مناسب این پژوهش شکل گرفت؛ اما از آن‌جا که رفتار انتخاب وسیله تور اصلی و ثانویه در موارد زیادی مشابه بود، در این مقاله رفتار انتخاب وسیله تورها از دیدگاه دیگری نیز بررسی شده و با ارائه ساختارهای

## توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

• سفر<sup>۷</sup>: سفر به منزله واسطه‌ای برای جابجایی یک شخص بین فعالیت‌های واقع در مکان‌های مختلف است. یک سفر می‌تواند فقط یک مرحله باشد، مثلاً سفری با خودروی شخصی یا چند مرحله، مثل یک سفر چند وسیله‌ای.

• تور<sup>۸</sup>: دنباله‌ای از سفرهاست که در یک مکان شروع می‌شود و در همان‌جا پایان می‌یابد. زنجیره سفر مشابه تور است، اما ممکن است در اولین مبدأ به پایان نرسد [Ortuzar and Willumsen 2011] در این پژوهش زنجیره‌های سفر و تورها همگی با عنوان تور شناخته می‌شوند. هر تور حداقل یک مقصد دارد که محل انجام فعالیت اصلی آن تور است. به توری که بیش از یک مقصد داشته باشد، تور پیچیده یا دارای توقف اضافی گویند.

• الگو<sup>۹</sup>: شامل مجموعه تمام فعالیت‌ها و تورهای فرد است که معمولاً آن را به‌صورت روزانه یعنی در ۲۴ ساعت شبانه‌روز در نظر می‌گیرند.

در این پژوهش ابتدا برای برنامه‌ریزی فعالیت افراد، مطابق با شکل ۲، پنج مرحله تصمیم انتخاب الگوی فعالیت روزانه، زمان تور اصلی، وسیله تور اصلی، زمان تور ثانویه و وسیله تور ثانویه مشابه با مدل بوستن در نظر گرفته شد. مدل‌های هر مرحله به‌صورت مستقل در نظر گرفته شدند و برای ایجاد ارتباط بین مراحل تصمیم، در مدل‌های زمان و وسیله از متغیرهای انتخاب مراحل قبلی به‌عنوان متغیر مستقل در تابع مطلوبیت گزینه‌ها استفاده شد. از آن‌جا که بین وسیله انتخابی تور اصلی و ثانویه شباهت زیادی وجود داشت، برای شناخت بهتر و جزئی‌تر رفتار انتخاب وسیله افراد، بار دیگر مدل‌های انتخاب وسیله برای همه تورها و نیز به‌تفکیک برای تورهای انجام شده در بازه‌های زمانی مختلف ساخته شده و مورد بررسی قرار گرفتند. شکل ۳ این مدل‌ها را معرفی می‌کند.

نکته‌ای که باید به آن توجه می‌شد، این بود که نمونه‌برداری این اطلاعات در سال ۱۳۹۱، به‌کمک دانش‌آموزان دختر و پسر سال اول دبیرستان انجام گرفته است. دختران پرسشنامه را برای خانواده خود و پسران دو پرسشنامه، یکی برای خانواده خود و دیگری را برای خانواده همسایه‌شان تکمیل نموده‌اند. از مجموع ۴۹۶۵ خانواده مورد مصاحبه، ۲۸۵۸ خانواده، خانواده‌های دانش‌آموزان دختر، ۱۱۱۱ خانواده، خانواده‌های دانش‌آموزان پسر و تنها ۹۹۶ خانواده همسایگان دانش‌آموزان پسر بوده‌اند؛ به‌عبارتی ۸۰ درصد اطلاعات به‌دست آمده مربوط به خانواده‌های دانش‌آموزان و تنها ۲۰ درصد آن مربوط به همسایگان آن‌ها می‌باشد. هم‌چنین تعداد خانواده‌های دانش‌آموزان دختر به‌نسبت زیاد است [Isfahan University of Technology, 2014].

در حالتی که بین متغیرهای نمونه با منابع اطلاعاتی معتبر موجود از جامعه آماری ناهم‌انگهی وجود داشته باشد، می‌توان با وزن‌دهی به مجدد به نمونه آن را تعدیل کرد [Hensher and Greene 2005]. در بانک اطلاعاتی موجود نیز ضرایب تعمیمی برای هر فرد آمده که در نظر گرفتن آن‌ها، اثر این اریب موجود در نمونه را تا حدی برطرف می‌کند. این ضرایب با توجه به اطلاعات سرشماری سال ۱۳۹۱ مرکز آمار ایران محاسبه شده‌اند (Isfahan University of Technology 2014). در نظر گرفتن ضرایب تعمیم به‌وسیله وزن‌دار نمودن مدل لجیت امکان‌پذیر است که در این پژوهش با تعریف یک متغیر وزن‌دهی در نرم‌افزار Nlogit5 برای هر مشاهده در نمونه صورت گرفت [Hensher and Greene 2005].

### ۳. روش انجام پژوهش

در ابتدا اشاره به مفاهیم اساسی رویکرد فعالیت مبنا که در این مقاله نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ضروری به نظر می‌رسد:

- فعالیت<sup>۱۰</sup>: تعاملی پیوسته با محیط فیزیکی، خدمات یا افراد در محیط است که زمان‌های انتظار یا تلف شده قبل و در طول فعالیت را هم در بر می‌گیرد؛ مانند انتظار به‌هنگام مراجعه پزشکی.



شکل ۲. مدل های فعالیت مبنای برنامه ریزی فعالیت روزانه شهروندان اصفهان



شکل ۳. بررسی رفتار انتخاب وسیله در زمان های مختلف روز

در مدل های انتخاب گسسته آزمون آماره  $t$  برای سنجش فرضیات مربوط به پارامترها، تعیین معناداری و اهمیت آنها به کار می رود. این آماره از خروجی نرم افزار قابل استفاده است و برای معناداری حداقل ۹۵ درصد، بایستی مقدار آن بین  $-1/96$  و  $+1/96$  باشد [Hensher and Greene, 2005]. برای ارزیابی نیکویی برازش مدل ها از شاخص های نسبت درست نمایی  $\rho_{adj}^2$  و  $\rho_{cadj}^2$  استفاده شده است. این دو شاخص از روابط ۲ و ۳ محاسبه می شوند [Ortuzar and Willumsen, 2011]:

$$\rho_{adj}^2 = 1 - \frac{LL(\beta) - df}{LL(0)} \quad (2)$$

$$\rho_{cadj}^2 = 1 - \frac{LL(\beta) - df}{LL(C)} \quad (3)$$

تصمیم های هر مرحله در قالب مدل های لجیت دوگانه یا چندگانه مستقل و با استفاده از نرم افزار Nlogit5 مدل سازی شدند [Greene, 2012]. احتمالات گزینه  $i$  در مدل لجیت چندگانه با استفاده از رابطه ۱ به دست می آید [Ortuzar and willumsen, 2011]:

$$p_n(i) = \frac{e^{v_{ni}}}{\sum_{j \in C_n} e^{v_{nj}}} \quad (1)$$

$p_n(i)$ : احتمال انتخاب گزینه  $i$   
 $v_{ni}$ : مطلوبیت مشاهده شده گزینه  $i$   
 $C_n$ : مجموعه انتخاب

## توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

انتخاب‌های افراد مورد استفاده قرار می‌گیرد، بررسی آن منطقی به‌نظر می‌رسد. از طرفی در نظر گرفتن این شاخص در توسعه مدل‌های ساخته شده در این پژوهش به آن‌ها خدشه‌ای وارد نکرده، بلکه مدلسازی را بهبود می‌بخشد.

### ۴. مدل سازی

#### ۴-۱ مدل‌های انتخاب الگوی فعالیت روزانه

در این پژوهش شناسایی و تقسیم‌بندی الگوهای فعالیت افراد مطابق با شکل ۴ بر اساس فعالیت اصلی روز (فعالیت اصلی تور اصلی)، نوع تور اصلی (ساده یا پیچیده) و مهم‌ترین تور ثانویه صورت گرفت. برای تعیین فعالیت اصلی روز و مهم‌ترین تور ثانویه، در بین فعالیت‌های مختلف فرد، فعالیت‌های کار و تحصیل در اولویت بودند و پس از آن‌ها به‌ترتیب سایر فعالیت‌های محدود به زمان (شامل فعالیت‌های اداری و پزشکی) و سایر فعالیت‌های نامحدود به زمان (شامل دیدار اقوام، تفریح، خرید و سایر) قرار داشت. هم‌چنین بین دو فعالیت یا تور با اهمیت یکسان، مدت زمان بیشتر معیار انتخاب قرار گرفت. بر اساس این تقسیم‌بندی ۳۰ نوع الگوی فعالیت به‌دست آمد. از این الگوها چند مورد فراوانی‌شان نزدیک به صفر بود که با دیگر الگوهای شبیه‌تر به خود ترکیب شدند و بر این اساس ۲۲ الگو که همان گزینه‌های مدل الگوی فعالیت هستند، به‌دست آمد. ساختارهای آشیانه‌ای مختلف برای این گزینه‌ها بررسی شد که هیچ‌یک مناسب نبودند. بنابراین مدل انتخاب الگو به‌صورت لوجیت چندگانه با ۲۲ گزینه ساخته شد. با وجود آماره‌های مناسب برای نیکویی برازش مدل و ظاهر شدن متغیرهای منطقی در توابع مطلوبیت گزینه‌ها، درصد درستی پیش‌بینی بیشتر گزینه‌های این مدل از هر دو خروجی برابر یا نزدیک به صفر بود. تعداد بالای گزینه‌ها و وجود گزینه‌های با درصد فراوانی ناچیز در مجموعه انتخاب، موجب دقت پایین در مدل لوجیت می‌شود [Ortuzar

( $L(\beta)$ ): مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی به‌ازای پارامترهای برآورد شده در مدل

( $LL(0)$ ): مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی، زمانی که همه پارامترها صفر در نظر گرفته شوند.

( $LL(C)$ ) مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی در حالتی که تنها ثابت‌های ویژه گزینه‌ها در تابع مطلوبیت وجود داشته باشند.

$df$ : اختلاف تعداد متغیرهای توصیفی مدل پایه و مدل برازش شده است که برای  $\rho_{adj}^2$  برابر است با تعداد پارامترهای مدل و برای  $\rho_{cadj}^2$  با تعداد پارامترها منهای تعداد عدد ثابت‌های به‌کار رفته در توابع مطلوبیت مدل برابر است.

هم‌چنین آزمون نسبت درست‌نمایی کای دو با آماره  $(X_k^2 \sim (LL(0) - LL(\beta)) - 2) -$  مورد بررسی قرار گرفته است که درجه آزادی آن در این‌جا برابر با  $k$ ، یعنی تعداد پارامترهای مدل است [Train, 2009].

علاوه بر توجه به آماره‌های نیکویی برازش، درصد درستی پیش‌بینی گزینه‌ها از خروجی نرم‌افزار نیز برای ارزیابی مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفت. توضیح آن‌که نرم‌افزار تعداد پیش‌بینی درست را به‌دو روش محاسبه می‌کند، در روش اول از این مفهوم استفاده می‌شود که تعداد مورد انتظار افرادی که یک گزینه سفر خاص ( $i$ ) را انتخاب می‌کنند، با جمع روی احتمالات انتخاب آن گزینه برای همه افراد ( $n$ ) برابر است ( $N_i = \sum_n P_{in}$ )؛ یعنی تعداد پیش‌بینی درست مورد انتظار از مدل، با جمع زدن روی احتمالات به‌دست می‌آید [Hensher and Greene, 2005]. روش دوم گزینه با بالاترین احتمال را به‌عنوان انتخاب فرد در نظر می‌گیرد. این روش با خطا همراه است، چرا که عملاً نمی‌توان گفت کدام گزینه قطعاً انتخاب می‌شود. مثلاً برای فردی که دو گزینه با احتمالات ۶۰ و ۴۰ درصد دارد، تنها می‌توان گفت که فرد با احتمال ۶۰ درصد گزینه اول را انتخاب می‌کند و به‌همین دلیل بعضی مراجع استفاده از آن را درست ندانسته‌اند [Train, 2009]؛ اما از آنجا که اغلب در مطالعات اجرایی نتایج این روش برای پیش‌بینی

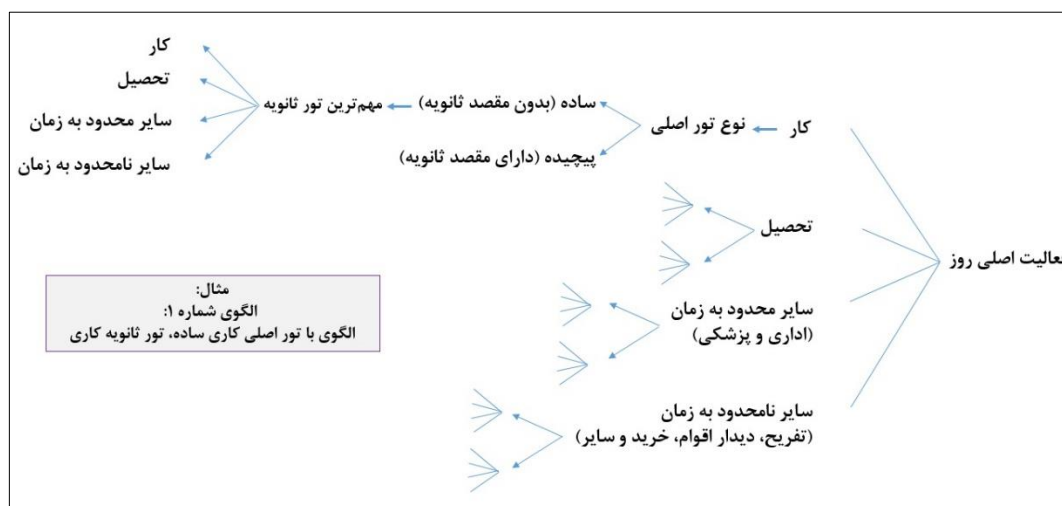
## حسین حق شناس، فرزانه هداوند

و ۵ گزینه مورد بررسی قرار گرفت. در این سه مدل نیز مشکل قبلی وجود داشت، اما با کاهش گزینه‌ها و نزدیک شدن سهم آن‌ها به هم، بهبود نسبی در نتایج مشاهده می‌شد. در نهایت مدل الگو با ۴ گزینه‌ای که در جدول ۱ آمده است، ساخته شد و مورد قبول قرار گرفت.

[and Willumsen, 2011]. برای رفع این مشکل از

یکپارچه‌سازی منطقی گزینه‌ها استفاده شد و تلاش شد با کاهش تعداد گزینه‌ها و نزدیک شدن فراوانی آن‌ها به هم، دقت پیش‌بینی مدل بهبود یابد.

به این منظور مدل الگوی فعالیت به‌ترتیب با ۱۰ گزینه، ۹ گزینه



شکل ۴. نحوه شناسایی اولیه الگوهای فعالیت روزانه

جدول ۱. مدل الگوی فعالیت روزانه با ۴ گزینه

| گزینه (الگوی فعالیت)                                          | متغیر    | توضیح                    | ضریب        | آماره t |
|---------------------------------------------------------------|----------|--------------------------|-------------|---------|
| DAP1<br>الگوی با تور اصلی کاری،<br>بدون تور ثانویه            | HHOLDER  | سرپرست خانوار            | ۰/۳۴۱۷****  | ۳۲/۳۲   |
|                                                               | PTD4     | مقصد تور اصلی خارج شهر   | ۰/۵۷۱۱****  | ۶۸/۱۱   |
|                                                               | JOB1     | کارمند                   | ۱/۳۹۵۳****  | ۱۰۱/۱۳  |
|                                                               | JOB2     | فرهنگی                   | ۰/۶۷۷۵****  | ۴۸/۳۹   |
|                                                               | JOB4     | کارگر                    | ۱/۳۸۸۸****  | ۹۲/۲۱   |
|                                                               | AGE25T65 | سن ۲۵ تا ۶۵ سال          | ۰/۹۸۸۵****  | ۹۵/۲۳   |
|                                                               | SEX      | مرد بودن                 | ۱/۳۳۸۸****  | ۱۱۴/۸۶  |
| DAP2<br>الگوی با تور اصلی تحصیلی،<br>بدون تور ثانویه          | CONST2   | عدد ثابت                 | -۰/۵۶۴۱**** | -۳۶/۰۱  |
|                                                               | AGE0T24  | سن زیر ۲۵ سال            | ۱/۵۱۱۳****  | ۱۰۱/۹   |
|                                                               | JOB12    | دانش‌آموز                | ۲/۹۴۵۱****  | ۲۰۶/۱۶  |
|                                                               | JOB13    | دانشجو                   | ۲/۱۶۹۷****  | ۱۰۶/۷۱  |
|                                                               | STUNUM   | تعداد دانش‌آموز و دانشجو | ۰/۰۲۸۵****  | ۴/۷     |
| DAP3<br>الگوی با تور اصلی کاری یا<br>تحصیلی، دارای تور ثانویه | CONST3   | عدد ثابت                 | -۱/۲۷۱۲**** | -۷۵/۷۹  |
|                                                               | HHOLDER  | سرپرست خانوار            | ۰/۸۰۰۱****  | ۶۳/۶۲   |
|                                                               | JOB12    | دانش‌آموز                | ۲/۵۲۷۱****  | ۱۴۱/۵۸  |
|                                                               | JOB13    | دانشجو                   | ۱/۶۰۰۵****  | ۶۷/۸۸   |
|                                                               | MVFMEM   | مالکیت وسایل موتوری      | ۰/۷۴۴۱****  | ۶۴/۶۹   |
|                                                               | JOB9     | فروشنده                  | ۱/۹۳۰۳****  | ۸۸/۴۳   |
|                                                               | JOB1     | کارمند                   | ۱/۵۰۸۶****  | ۹۴/۶۲   |
|                                                               |          |                          |             |         |

توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

|        |           |                 |         |                                                            |
|--------|-----------|-----------------|---------|------------------------------------------------------------|
| ۷۲/۳۷  | ۱/۳۰۰۱*** | کارگر           | JOB4    | DAP4<br>الگوی با تور اصلی سایر<br>محدود یا نامحدود به زمان |
| ۱۱/۹   | ۰/۱۹۴۲*** | راننده          | JOB7    |                                                            |
| ۳۸/۸۶  | ۰/۳۹۹۲*** | گواهینامه داشتن | LICENSE |                                                            |
| ۴۰/۱۷  | ۰/۵۹۳۷*** | استادکار        | JOB6    |                                                            |
| ۷۴/۹   | ۰/۸۰۶۲*** | مرد بودن        | SEX     |                                                            |
| ۴۴/۶۳  | ۰/۶۷۹۷*** | سن بالای ۲۴ سال | AGE24   |                                                            |
| ۵۴/۸۱  | ۰/۶۵۵۵*** | عدد ثابت        | CONST4  |                                                            |
| ۲۵۳/۸۹ | ۳/۱۶۹۰*** | خانه‌دار        | JOB8    |                                                            |
| ۲۰۶/۲۶ | ۲/۶۶۹۸*** | بازنشسته        | JOB10   |                                                            |
| ۱۴۳/۱۸ | ۲/۵۷۹۵*** | بیکار           | JOB11   |                                                            |
| ۴۸/۶۳  | ۰/۲۶۲۸*** | مالکیت دوچرخه   | BIKENUM | SEX                                                        |
| ۳۶/۰۸  | ۰/۴۱۳۳*** | مرد بودن        | SEX     |                                                            |

#### مشخصات، آماره‌ها و آزمون‌ها

|            |                 |       |                 |
|------------|-----------------|-------|-----------------|
| -۶۸۱۹۳۳/۰۷ | $LL\beta$       | ۱۰۱۲۳ | تعداد مشاهدات   |
| ۰/۴۷       | $\rho_{adj}^2$  | ٪۶۲   | درصد درستی کل ۱ |
| ۰/۴۶       | $\rho_{cadj}^2$ | ٪۷۴   | درصد درستی کل ۲ |

$$-2(LL(0) - LL(\beta)) = 112152.76 > X_{31}^2 = 55.00$$

| گزینه | فراوانی در نمونه | تعداد پیش‌بینی درست گزینه |         | درصد پیش‌بینی درست گزینه (%) |         |
|-------|------------------|---------------------------|---------|------------------------------|---------|
|       |                  | خروجی ۱                   | خروجی ۲ | خروجی ۱                      | خروجی ۲ |
| DAP1  | ۲۳۵۶             | ۱۴۰۲                      | ۲۰۶۷    | ۵۹/۵۱                        | ۸۷/۷۳   |
| DAP2  | ۳۵۳۲             | ۲۷۱۵                      | ۳۳۵۰    | ۷۶/۸۷                        | ۹۴/۸۵   |
| DAP3  | ۱۴۶۱             | ۳۲۸                       | ۱۱۴     | ۲۲/۴۵                        | ۷/۸۰    |
| DAP4  | ۲۷۷۴             | ۱۸۱۸                      | ۱۹۳۲    | ۶۵/۵۴                        | ۶۹/۶۵   |

\*علامت \*\*\* نشان معناداری متغیر در سطح ۹۹ درصد و علامت \*\* نشان معناداری متغیر در سطح ۹۵ درصد است.

#### جدول ۲. تقسیم‌بندی گزینه‌های مدل الگوی ۴ گزینه‌ای به گزینه‌های جزئی‌تر

| گزینه (الگو) در مدل ۴ گزینه‌ای                                | گزینه (الگوی) جزئی‌تر                                                       |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| DAP1<br>الگوی با تور اصلی کاری،<br>بدون تور ثانویه            | DAP1_1<br>الگوی با تور اصلی کاری ساده، بدون تور ثانویه                      |
|                                                               | DAP1_2<br>الگوی با تور اصلی کاری پیچیده، بدون تور ثانویه                    |
| DAP2<br>الگوی با تور اصلی تحصیلی،<br>بدون تور ثانویه          | DAP2_1<br>الگوی با تور اصلی تحصیلی ساده، بدون تور ثانویه                    |
|                                                               | DAP2_2<br>الگوی با تور اصلی تحصیلی پیچیده، بدون تور ثانویه                  |
| DAP3<br>الگوی با تور اصلی کاری یا تحصیلی،<br>دارای تور ثانویه | DAP3_1<br>الگوی با تور اصلی کاری، تور ثانویه کاری یا تحصیلی                 |
|                                                               | DAP3_2<br>الگوی با تور اصلی کاری، تور ثانویه سایر                           |
|                                                               | DAP3_3<br>الگوی با تور اصلی تحصیلی، دارای تور ثانویه                        |
| DAP4<br>الگوی با تور اصلی سایر<br>محدود یا نامحدود به زمان    | DAP4_1<br>الگوی با تور اصلی سایر محدود، بدون تور ثانویه                     |
|                                                               | DAP4_2<br>الگوی با تور اصلی سایر نامحدود، بدون تور ثانویه                   |
|                                                               | DAP4_3<br>الگوی با تور اصلی سایر محدود یا نامحدود به زمان، دارای تور ثانویه |

خیلی کلی‌تر شده‌اند. برای بررسی دقیق‌تر الگوهای فعالیت، هریک از گزینه‌های این مدل به دو یا سه گزینه جزئی‌تر تقسیم

باید توجه داشت که گزینه‌های مدل الگوی فعالیت ۴ گزینه‌ای نسبت به تقسیم‌بندی‌هایی که در ابتدا در نظر گرفته شده بود،

## حسین حق شناس، فرزانه هداوند

است. از آنجا که انتخاب هریک از گزینه‌های این مدل به انتخاب گزینه ۳ در مدل چهار گزینه‌ای مشروط است، احتمال انتخاب هریک از این گزینه‌های مدل ۳ گزینه‌ای، به‌صورت شرطی از ضرب احتمال انتخاب آن گزینه در احتمال انتخاب گزینه شماره ۳ از مدل ۴ گزینه‌ای تعریف می‌شود.

شده و مدل انتخاب الگوی فعالیت روی داده‌های مربوط به هرکدام ساخته شد. این تقسیم‌بندی در جدول ۲ دیده می‌شود از میان مدل‌هایی که روی این گزینه‌های جدید ساخته شدند، تنها مدل ساخته شده روی گزینه‌های مربوط به الگوی شماره ۳ از لحاظ شاخص‌های آماری وضعیت مناسبی داشت و مورد استفاده قرار گرفت. جزئیات این مدل در جدول ۳ آمده

جدول ۳. مدل لوجیت چندگانه روی گزینه‌های مربوط به الگوی فعالیت شماره ۳

| گزینه (الگوی فعالیت)                                      | متغیر   | توضیح               | ضریب      | آماره t |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------------------|-----------|---------|
| DAP3_1<br>الگوی با تور اصلی کاری، تور ثانویه کار با تحصیل | CONST1  | عدد ثابت            | ۱/۸۸۴۳*** | ۴/۴۲    |
|                                                           | SEX     | مرد بودن            | ۰/۵۳۹۹**  | ۲/۰۲    |
|                                                           | JGROUP8 | فروشنده یا استادکار | ۱/۰۳۰۴*** | ۵/۷۵    |
|                                                           | HHOLDER | سرپرست خانوار       | ۱/۹۰۵۹*** | ۴/۲     |
|                                                           | JOB13   | دانشجو              | ۱/۸۹۱۶*** | ۴/۱۷    |
| DAP3_2<br>الگوی با تور اصلی کاری، تور ثانویه سایر         | CONST2  | عدد ثابت            | ۱/۷۶۸۷*** | ۴/۲۷    |
|                                                           | JGROUP1 | کارمند یا فرهنگی    | ۱/۶۱۱۸*** | ۸/۵۲    |
|                                                           | JGROUP7 | کارگر یا کشاورز     | ۰/۵۱۶۱**  | ۲/۵۱    |
|                                                           | HHOLDER | سرپرست خانوار       | ۲/۲۳۳۷*** | ۵/۰۵    |
| DAP3_3<br>الگوی با تور اصلی تحصیلی، دارای تور ثانویه      | JGROUP4 | دانش آموز یا دانشجو | ۵/۵۲۲۴*** | ۱۳/۳۷   |
|                                                           | CARFMEM | مالکیت خودروی شخصی  | ۶/۵۹۴۶*** | ۲/۹۶    |
| مشخصات، آماره‌ها و آزمون‌ها                               |         |                     |           |         |
| تعداد مشاهدات                                             | ۱۴۶۱    | $LL\beta$           | -۷۷۰/۱۲   |         |
| درصد درستی کل ۱                                           | ٪۶۸     | $\rho_{adj}^2$      | ۰/۵۱      |         |
| درصد درستی کل ۲                                           | ٪۷۶     | $\rho_{cadj}^2$     | ۰/۵۱      |         |

$$-2(LL(0) - LL(\beta)) = 4750/38 > X_{11}^2 = 26/76$$

| گزینه  | فراوانی در نمونه | تعداد پیش‌بینی درست گزینه | درصد پیش‌بینی درست گزینه (%) |
|--------|------------------|---------------------------|------------------------------|
|        |                  | خروجی ۱                   | خروجی ۲                      |
| DAP3_1 | ۵۶۵              | ۳۴۶                       | ۷۵/۲۲                        |
| DAP3_2 | ۴۷۴              | ۲۶۳                       | ۶۱/۱۸                        |
| DAP3_3 | ۴۲۲              | ۳۸۱                       | ۹۴/۳۱                        |

### ۲-۴ مدل انتخاب زمان روز تور اصلی

پس از بررسی حالت‌های مختلف و در نظر گرفتن محدودیت‌های مدلسازی، مدل انتخاب زمان روز تور اصلی

با استفاده از دو این مدل الگوی فعالیت، شش الگوی DAP1، DAP2، DAP3، DAP3\_1، DAP3\_2 و DAP3\_3 قابل پیش‌بینی هستند.

توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

با در نظر گرفتن سه بازه «صبح تا ظهر»، «صبح تا عصر» و «عصر تا عصر» به‌عنوان گزینه‌های انتخاب زمان شروع و پایان تورها در نظر گرفته شد. جزئیات این مدل در جدول ۴ دیده می‌شود.

جدول ۴. مدل انتخاب زمان روز تور اصلی

| گزینه                                                   | متغیر معنادار <sup>۱</sup> | توضیح                               | متغیر معنادار                | توضیح      |
|---------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------|
| PTT1<br>صبح تا ظهر                                      | DAP3_3                     | الگوی تحصیلی، دارای تور ثانویه      | JOB12                        | دانش آموز  |
|                                                         | DAP3_1                     | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل | JOB2                         | فرهنگی     |
|                                                         | DAP2                       | الگوی تحصیلی، بدون تور ثانویه       | JOB8                         | خانه‌دار   |
|                                                         | JOB10                      | بازنشسته                            |                              |            |
| PTT2<br>صبح تا عصر                                      | CONST2                     | عدد ثابت                            | JOB1                         | کارمند     |
|                                                         | DAP1                       | الگوی کاری، بدون تور ثانویه         | JOB4                         | کارگر      |
|                                                         | DAP3_2                     | الگوی کاری، تور ثانویه سایر         | SEX                          | مرد بودن   |
|                                                         | PTD4                       | مقصد تور اصلی خارج از شهر           | JOB13                        | دانشجو     |
| PTT3<br>عصر تا عصر                                      | CONST3                     | عدد ثابت                            | JOB13                        | دانشجو     |
|                                                         | MVFMEM                     | مالکیت وسایل موتوری                 | SEX                          | مرد بودن   |
|                                                         | DAP3_1                     | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل | DAP4                         | الگوی سایر |
|                                                         | PTD4                       | مقصد تور اصلی خارج از شهر           |                              |            |
| مشخصات، آماره‌ها و آزمون‌ها                             |                            |                                     |                              |            |
| تعداد مشاهدات                                           | ۱۰۱۲۳                      | $LL\beta$                           | -۷۱۵۱۸۳/۷۲                   |            |
| درصد درستی کل ۱                                         | ٪۵۷                        | $\rho_{adj}^2$                      | ۰/۳۰                         |            |
| درصد درستی کل ۲                                         | ٪۶۷                        | $\rho_{cadj}^2$                     | ۰/۲۴                         |            |
| $-2(LL(C) - LL(\beta)) = 442966/32 > X_{2,0}^2 = 40/00$ |                            |                                     |                              |            |
| گزینه                                                   | فراوانی در نمونه           | تعداد پیش‌بینی درست گزینه           | درصد پیش‌بینی درست گزینه (٪) |            |
|                                                         |                            | خروجی ۱                             | خروجی ۲                      | خروجی ۱    |
| PTT1                                                    | ۵۷۷۷                       | ۳۹۳۲                                | ۴۷۲۶                         | ۶۸/۰۶      |
| PTT2                                                    | ۲۵۴۶                       | ۱۳۱۱                                | ۱۷۹۲                         | ۵۱/۴۹      |
| PTT3                                                    | ۱۸۰۰                       | ۵۷۰                                 | ۲۳۹                          | ۳۱/۶۷      |

قابل مشاهده است. این مدل نشان می‌دهد که وجود فرزند زیر ۶ سال در خانواده تمایل به استفاده از خودروی شخصی را برای انجام تور اصلی بالا می‌برد. با بالا رفتن تعداد تورهای کاری در الگوی فعالیت فرد تمایل به استفاده از خودروی شخصی و موتور سیکلت بالا می‌رود. مالکیت هر وسیله در

#### ۳-۴ مدل انتخاب وسیله تور اصلی

گزینه‌های انتخاب مدل انتخاب وسیله تور اصلی به‌صورت خودروی شخصی، حمل و نقل همگانی، موتور سیکلت و دوچرخه در نظر گرفته شدند. جزئیات این مدل در جدول ۵

## حسین حق شناس، فرزانه هداوند

انتخاب آن وسیله برای انجام انواع تور اصلی نقش مثبت دارد. خودروی شخصی و حمل و نقل همگانی برای رسیدن به آن هم چنین اگر محل فعالیت اصلی روز خارج از شهر باشد، محل به دیگر وسایل ترجیح بیشتری دارند.

جدول ۵. مدل انتخاب وسیله تور اصلی

| گزینه                                                   | متغیر معنادار    | توضیح                               | متغیر معنادار                | توضیح                 |
|---------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
|                                                         | CONST1           | عدد ثابت                            | LICENSE                      | گواهینامه داشتن       |
| PTM1                                                    | CARNUM           | مالکیت خودروی شخصی                  | JGROUP8                      | فروشنده یا استادکار   |
| خودروی شخصی                                             | PTT3             | زمان تور اصلی، عصر تا عصر           | HHOLDER                      | سرپرست خانوار         |
|                                                         | DAP3_1           | الگوی کاری تور ثانویه کار یا تحصیل  | JOB5                         | کشاورز                |
|                                                         | PTD4             | مقصد تور اصلی خارج از شهر           | NAGE0T5                      | تعداد فرزند زیر ۶ سال |
|                                                         | DAP2             | الگوی تحصیلی، بدون تور ثانویه       | JOB8                         | خانه دار              |
| PTM2                                                    | PTT1             | زمان تور اصلی، صبح تا ظهر           | JOB13                        | دانشجو                |
| همگانی                                                  | NAGE0T24         | تعداد افراد زیر ۲۵ سال در خانواده   | AGE65                        | سن بالای ۶۵ سال       |
|                                                         | DAP3_2           | الگوی کاری، تور ثانویه سایر         | PTD4                         | تور اصلی خارج از شهر  |
|                                                         | CONST3           | عدد ثابت                            | MOTNUM                       | مالکیت موتور سیکلت    |
| PTM3                                                    | DAP3_1           | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل | SEX                          | مرد بودن              |
| موتور سیکلت                                             | DAP3_2           | الگوی کاری، تور ثانویه سایر         | HHOLDER                      | سرپرست خانوار         |
|                                                         | JGROUP7          | کارگر یا کشاورز                     | AGE18                        | سن بالای ۱۸ سال       |
|                                                         | JGROUP8          | فروشنده یا استادکار                 |                              |                       |
|                                                         | CONST4           | عدد ثابت                            | JOB12                        | دانش آموز             |
|                                                         | SEX              | مرد بودن                            | JOB13                        | دانشجو                |
| PTM4                                                    | BIKENUM          | مالکیت دوچرخه                       | JOB4                         | کارگر                 |
| دوچرخه                                                  | PTT3             | زمان تور اصلی، عصر عصر              | HHOLDER                      | سرپرست خانوار         |
|                                                         | PTT1             | زمان تور اصلی، صبح تا ظهر           | JOB9                         | فروشنده               |
|                                                         | DAP3_3           | الگوی تحصیلی، دارای تور ثانویه      | JGROUP3                      | بازنشسته یا بیکار     |
| مشخصات، آماره ها و آزمون ها                             |                  |                                     |                              |                       |
| تعداد مشاهدات                                           | ۹۵۴۴             | $LL_{\beta}$                        | -۶۳۷۱۰۵                      |                       |
| درصد درستی کل ۱                                         | ٪۵۵              | $\rho_{adj}^2$                      | ۰/۴۸                         |                       |
| درصد درستی کل ۲                                         | ٪۶۹              | $\rho_{caadj}^2$                    | ۰/۳۳                         |                       |
| $-2(LL(0) - LL(\beta)) = 1156288/64 > X_{39}^2 = 72/05$ |                  |                                     |                              |                       |
| گزینه                                                   | فراوانی در نمونه | تعداد پیش بینی درست گزینه           | درصد پیش بینی درست گزینه (٪) |                       |
|                                                         |                  | خروجی ۱                             | خروجی ۲                      | خروجی ۲               |
| PTM1                                                    | ۳۵۲۰             | ۱۸۶۱                                | ۲۱۹۱                         | ۶۲/۲۴                 |
| PTM2                                                    | ۵۰۰۲             | ۳۳۶۰                                | ۴۰۳۰                         | ۸۰/۵۷                 |
| PTM3                                                    | ۶۷۱              | ۲۲۸                                 | ۲۸۲                          | ۴۲/۰۳                 |
| PTM4                                                    | ۳۵۱              | ۸۲                                  | ۵۳                           | ۱۵/۱۰                 |

توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

#### ۴-۴ مدل انتخاب زمان روز تورهای ثانویه

از آن‌جا که تورهای ثانویه معمولاً در بازه زمانی صبح تا عصر انجام نمی‌شوند و در نمونه مورد بررسی نیز تعداد این حالت نزدیک به صفر بود، برای ساخت مدل زمان تور ثانویه تنها دو گزینه «صبح تا ظهر» و «عصر تا عصر» در نظر گرفته شدند. جزئیات این مدل در جدول ۶ آمده است.

#### ۴-۵ مدل انتخاب وسیله تورهای ثانویه

جزئیات و نتایج مدل وزن‌دار انتخاب وسیله تورهای ثانویه در جدول ۷ آمده است. گزینه‌های انتخاب مشابه با مدل انتخاب وسیله تور اصلی هستند.

جدول ۶. مدل وزن‌دار انتخاب زمان روز تورهای ثانویه

| گزینه                       | متغیر معنادار | توضیح                          | متغیر معنادار | توضیح            |
|-----------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|------------------|
|                             | PTT1          | زمان تور اصلی، صبح تا ظهر      | CONST2        | عدد ثابت         |
| STT2                        | PTT2          | زمان تور اصلی، صبح تا عصر      | JOB12         | دانش‌آموز        |
| عصر تا عصر                  | DAP3_3        | الگوی تحصیلی، دارای تور ثانویه | JOB1          | کارمند یا فرهنگی |
|                             | DAP3_2        | الگوی کاری، تور ثانویه سایر    |               |                  |
| مشخصات، آماره‌ها و آزمون‌ها |               |                                |               |                  |
| تعداد مشاهدات               | ۲۱۴۷          | $LL_{\beta}$                   | -۶۷۲/۶۴       |                  |
| درصد درستی کل ۱             | ٪۸۰           | $\rho_{adj}^2$                 | ۰/۵۴          |                  |
| درصد درستی کل ۲             | ٪۸۶           | $\rho_{cadj}^2$                | ۰/۴۶          |                  |

$$-2(LL(0) - LL(\beta)) = 1631/10 > X_V^2 = 20/28$$

| گزینه | فراوانی در نمونه | تعداد پیش‌بینی درست گزینه | درصد پیش‌بینی درست گزینه (٪) |
|-------|------------------|---------------------------|------------------------------|
|       |                  | خروجی ۱                   | خروجی ۲                      |
| STT1  | ۵۹۸              | ۳۶۲                       | ۷۴/۲۵                        |
| STT2  | ۱۵۴۹             | ۱۳۶۳                      | ۹۱/۱۶                        |

جدول ۷. مدل انتخاب وسیله تورهای ثانویه

| گزینه       | متغیر معنادار | توضیح                               | متغیر معنادار | توضیح                       |
|-------------|---------------|-------------------------------------|---------------|-----------------------------|
| STM1        | PTM1          | وسیله تور اصلی خودروی شخصی          | LICENSE       | گواهینامه داشتن             |
| خودروی شخصی | JGROUP8       | فروشنده یا استادکار                 | HHOLDER       | سرپرست خانوار               |
|             | CARNUM        | مالکیت خودروی شخصی                  | JGROP10       | کارمند یا فرهنگی            |
| STM2        | CONST2        | عدد ثابت                            | SEX           | مرد بودن                    |
| همگانی      | PTM2          | وسیله تور اصلی، همگانی              | UNINUM        | تعداد دانشجوی در خانواده    |
|             | DAP3_2        | الگوی کاری، تور ثانویه سایر         | JGROUP6       | خانه‌دار، بازنشسته یا بیکار |
| STM3        | CONST3        | عدد ثابت                            | SEX           | مرد بودن                    |
| موتور سیکلت | MOTNUM        | مالکیت موتور سیکلت                  | JOB9          | فروشنده                     |
|             | STT1          | زمان تور ثانویه، صبح تا ظهر         | AGE18         | سن بالای ۱۸ سال             |
|             | DAP3_1        | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل | JGROUP7       | کارگر یا کشاورز             |

## حسین حق شناس، فرزانه هداوند

|                             |       |                                     |         |
|-----------------------------|-------|-------------------------------------|---------|
| دانش آموز                   | JOB12 | عدد ثابت                            | CONST4  |
| مرد بودن                    | SEX   | مالکیت دوچرخه                       | BIKENUM |
| زمان تور ثانویه، عصر تا عصر | STT2  | بازنشسته یا بیکار                   | JGROU3  |
|                             |       | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل | DAP3_1  |

### مشخصات، آماره‌ها و آزمون‌ها

|            |                 |      |                 |
|------------|-----------------|------|-----------------|
| -۱۲۴۹۵۷/۵۴ | $LL_{\beta}$    | ۲۰۹۸ | تعداد مشاهدات   |
| ۰/۵۵       | $\rho_{adj}^2$  | ٪۶۵  | درصد درستی کل ۱ |
| ۰/۴۲       | $\rho_{cadj}^2$ | ٪۷۴  | درصد درستی کل ۲ |

$$-2(LL(0) - LL(\beta)) = 403305 > X_{27}^2 = 4965$$

| گزینه | فراوانی در نمونه | تعداد پیش‌بینی درست گزینه | درصد پیش‌بینی درست گزینه (٪) |
|-------|------------------|---------------------------|------------------------------|
|       |                  | خروجی ۱                   | خروجی ۲                      |
| STM1  | ۱۲۶۴             | ۹۴۶                       | ۸۳/۶۲                        |
| STM2  | ۴۴۹              | ۲۳۱                       | ۶۱/۹۲                        |
| STM3  | ۲۷۱              | ۱۴۹                       | ۷۶/۷۵                        |
| STM4  | ۱۱۴              | ۲۸                        | ۱۶/۶۷                        |

## ۴-۶ مدل‌های انتخاب وسیله همه تورها و زمان

### روزهای مختلف

با دقت در نتایج مدل‌های انتخاب وسیله تور اصلی و ثانویه و معناداری متغیرهای PTM1 و PTM2 در توابع مطلوبیت گزینه‌های اول و دوم از مدل انتخاب وسیله تور ثانویه مشخص می‌شود که بین رفتار انتخاب وسیله این دو نوع تور شباهت زیادی وجود دارد و اغلب وسیله مورد استفاده برای این دو مشابه است. از این رو ممکن است تنها با بررسی این دو مدل

برخی تفاوت‌های رفتاری بین انتخاب وسیله تورهای مختلف مخفی بماند. برای بررسی بهتر رفتار انتخاب وسیله افراد مدل‌های انتخاب وسیله انجام تور، از نگاهی دیگر و بدون در نظر گرفتن اصلی یا ثانویه بودن تورها، یک بار برای همه تورها و بار دیگر به تفکیک برای تورهای واقع در هریک از سه بازه «صبح تا ظهر»، «صبح تا عصر» و «عصر تا عصر» ساخته شدند و نتایج آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. جزئیات این چهار مدل در جدول ۸ آمده است.

جدول ۸. مدل‌های انتخاب وسیله همه تورها و زمان روزهای مختلف

| متغیر             | توضیح متغیر           | همه تورها | تورهای صبح تا ظهر | تورهای صبح تا عصر | تورهای عصر تا عصر |
|-------------------|-----------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| گزینه خودروی شخصی |                       |           |                   |                   |                   |
| CONST1            | عدد ثابت              | ۵/۲۳۹***  |                   | -۲/۹۹۸***         |                   |
| CARNUM            | مالکیت خودرو          | ۱/۵۲۲***  | ۱/۳۵۴***          | ۱/۴۲۶***          | ۱/۶۳۷***          |
| LICENSE           | گواهینامه داشتن       | ۱/۱۲۰***  | ۱/۶۱۵***          | ۱/۲۰۲***          | ۱/۳۴۴***          |
| JGROU8            | فروشنده یا استادکار   | ۱/۰۹۴***  |                   | ۰/۸۴۷***          | ۱/۳۵۵***          |
| JGROU7            | کارگر یا کشاورز       |           | ۰/۰۷۲***          |                   |                   |
| JOB5              | کشاورز                | ۱/۸۷۸***  |                   | ۲/۲۶۰***          |                   |
| NAGE0T5           | تعداد فرزند زیر ۶ سال | ۰/۲۳۲***  | ۰/۲۵۳***          |                   | ۰/۴۰۶***          |
| WFNUM             | تعداد شاغلین خانواده  |           |                   | ۰/۴۹۶***          |                   |
| AGE24             | سن بالای ۲۴ سال       |           |                   | ۰/۳۱۶***          |                   |

توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

| متغیر                  | توضیح متغیر                         | همه تورها | تورهای صبح تا ظهر | تورهای صبح تا عصر | تورهای عصر تا عصر |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| DAP4                   | الگوی سایر                          |           |                   | ۰/۰۷۴***          | ۱/۵۲۳***          |
| DAP3_1                 | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل | ۰/۰۵۴***  | ۰/۲۵۹***          |                   | ۱/۴۳۵۴***         |
| DAP3_2                 | الگوی کاری، تور ثانویه سایر         | ۰/۰۵۴۴*** | ۱/۴۲۳***          |                   | ۱/۵۷۲***          |
| DAP3_3                 | الگوی تحصیلی، دارای تور ثانویه      | ۰/۲۳۴***  | ۰/۳۳۸***          |                   | ۲/۱۹۱***          |
| TT3                    | زمان تور، عصر عصر                   | ۰/۸۰۶***  |                   |                   |                   |
| HHOLDER                | سرپرست خانوار                       | ۱/۰۳۶***  |                   |                   |                   |
| SEX                    | مرد بودن                            | ۰/۱۲۴۲*** |                   |                   |                   |
| گزینه حمل و نقل همگانی |                                     |           |                   |                   |                   |
| CONST2                 | عدد ثابت                            | ۷/۹۱۸***  | ۱/۱۶۱***          |                   | ۲/۶۹۵***          |
| JGROUP4                | دانش‌آموز یا دانشجو                 | ۰/۰۶۲***  |                   | ۱/۲۵۱***          | ۰/۴۴۰***          |
| SEX                    | مرد بودن                            |           | ۰/۳۵۳***          | ۰/۸۷۷***          | ۰/۴۹۶***          |
| DAP3_1                 | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل |           |                   | ۰/۰۴۷***          |                   |
| DAP3_2                 | الگوی کاری، تور ثانویه سایر         |           | ۱/۸۱۶***          | ۰/۳۱۹***          |                   |
| DAP3_3                 | الگوی تحصیلی دارای تور ثانویه       |           | ۰/۸۴۲***          |                   |                   |
| DAP1                   | الگوی کاری، بدون تور ثانویه         |           | ۰/۵۰۷***          |                   |                   |
| الگ                    |                                     |           |                   |                   |                   |
| DAP2                   |                                     | ۰/۳۷۵***  | ۰/۵۶۳***          |                   |                   |
|                        | وی تحصیلی، بدون تور ثانویه          |           |                   |                   |                   |
| DAP4                   | الگوی سایر                          |           | ۰/۷۶۷***          |                   |                   |
| UNINUM                 | تعداد دانشجوی خانواده               |           |                   | ۰/۳۳۱***          |                   |
| NAGE0T24               | تعداد افراد زیر ۲۵ سال در خانواده   | ۰/۰۷۵***  | ۰/۶۶۰***          |                   |                   |
| JOB8                   | خانه‌دار                            |           | ۱/۰۷۵***          |                   |                   |
| FMEM                   | تعداد اعضای خانواده                 |           | ۰/۱۲۲***          |                   | ۰/۲۱۳***          |
| گزینه موتور سیکلت      |                                     |           |                   |                   |                   |
| CONST3                 | عدد ثابت                            | ۲/۳۴۳***  | ۴/۰۳۲***          | ۵/۷۳۳***          | ۱/۷۲۹***          |
| MOTNUM                 | مالکیت موتور                        | ۲/۰۱۱***  | ۲/۰۷۵***          | ۱/۸۰۵***          | ۲/۲۵۶***          |
| SEX                    | مرد بودن                            | ۲/۳۵۷***  | ۱/۹۶۲***          | ۲/۲۳۱***          | ۲/۰۲۷***          |
| DAP1                   | الگوی کاری بدون تور ثانویه          |           | ۰/۴۱۹***          |                   |                   |
| DAP3_1                 | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل | ۰/۶۷۸***  | ۰/۹۱۵***          | ۰/۸۱۳***          | ۱/۱۴۰***          |
| DAP3_2                 | الگوی کاری، تور ثانویه سایر         | ۰/۶۴۸***  | ۲/۰۶۲***          | ۰/۶۰۷***          | ۱/۱۲۱***          |
| DAP3_3                 | الگوی تحصیلی، دارای تور ثانویه      | ۰/۴۴۳***  |                   | ۰/۵۳۰***          | ۱/۶۳۲***          |
| JGROUP8                | فروشنده یا استادکار                 | ۱/۷۵۹***  |                   | ۱/۶۵۰***          | ۱/۳۳۹***          |
| JGROUP7                | کارگر یا کشاورز                     | ۰/۹۱۱***  | ۰/۶۷۹***          |                   | ۰/۶۲۰***          |
| JOB4                   | کارگر                               |           |                   | ۰/۵۷۱***          |                   |
| JOB11                  | بیکار                               |           |                   | ۰/۵۷۱***          |                   |
| HHOLDER                | سرپرست خانوار                       |           |                   | ۰/۱۱۹***          |                   |
| AGE19T24               | سن ۱۹ تا ۲۴ سال                     |           |                   |                   | ۰/۶۰۲***          |
| AGE18                  | سن بالای ۱۸ سال                     |           | ۱/۶۶۳***          |                   |                   |
| TT3                    | زمان تور، عصر عصر                   | ۰/۸۳۴***  |                   |                   |                   |
| گزینه دوچرخه           |                                     |           |                   |                   |                   |
| CONST4                 | عدد ثابت                            |           | ۳/۴۶۷***          | ۱۲/۰۴۳***         | ۵/۰۱۰***          |

## حسین حق شناس، فرزانه هداوند

| متغیر                       | توضیح متغیر                         | همه تورها | تورهای صبح تا ظهر | تورهای صبح تا عصر | تورهای عصر تا عصر |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| BIKENUM                     | مالکیت دوچرخه                       | ۱/۱۲۶***  | ۰/۹۷۵***          | ۱/۷۰۵***          | ۱/۳۲۷***          |
| SEX                         | مرد بودن                            | ۳/۴۸۶***  | ۱/۴۸۶***          | ۵/۶۷۲***          | ۴/۶۱۷***          |
| DAP4                        | الگوی سایر                          | ۰/۶۸۰***  | ۱/۵۳۷***          | ۲/۵۶۵***          | ۱/۵۰۲***          |
| DAP1                        | الگوی کاری، بدون تور ثانویه         |           |                   | ۰/۹۶۸***          |                   |
| DAP3_1                      | الگوی کاری، تور ثانویه کار یا تحصیل |           |                   | ۳/۳۱۷***          | ۱/۴۲۱***          |
| DAP3_2                      | الگوی کاری، تور ثانویه سایر         |           |                   |                   | ۱/۱۷۳***          |
| DAP3_3                      | الگوی تحصیلی، دارای تور ثانویه      |           | ۱/۲۲۹***          |                   | ۰/۸۴۷***          |
| JOB12                       | دانش آموز                           | ***۱/۴۸۳  |                   | ۲/۰۶۸***          |                   |
| AGE0T18                     | سن زیر ۱۹ سال                       |           | ۰/۵۲۹***          |                   | ۱/۹۵۸***          |
| JOB4                        | کارگر                               |           |                   | ۰/۷۶۵***          |                   |
| JGROUP3                     | بازنشسته یا بیکار                   | ۰/۹۳۹***  |                   |                   |                   |
| TT3                         | زمان تور، عصر عصر                   | ۱/۶۹۹***  |                   |                   |                   |
| HHOLDER                     | سرپرست خانوار                       | ۱/۶۹۹***  |                   |                   |                   |
| TT1                         | زمان تور، صبح تا ظهر                | ۱/۰۹۱***  |                   |                   |                   |
| مشخصات، آماره‌ها و آزمون‌ها |                                     |           |                   |                   |                   |
| تعداد مشاهدات               |                                     | ۱۱۶۴۲     | ۵۹۳۳              | ۲۴۶۰              | ۳۲۴۹              |
| $\rho_{adj}^2$              |                                     | ۰/۴۷      | ۰/۴۸              | ۰/۴۵              | ۰/۴۷              |
| $\rho_{cadj}^2$             |                                     | ۰/۳۳      | ۰/۳۴              | ۰/۲۸              | ۰/۳۴              |
| درصد درستی کل ۱             |                                     | ٪۵۷       | ٪۵۹               | ٪۵۸               | ٪۵۵               |
| درصد درستی کل ۲             |                                     | ٪۶۸       | ٪۷۰               | ٪۶۷               | ٪۶۵               |

### ۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌عنوان اولین مطالعه فعالیت مبنای شهر اصفهان تلاش

شد تا سیستم مدلسازی برنامه‌ریزی فعالیت روزانه افراد، با استفاده از پایگاه داده‌های سفر مبنای موجود، در قالب مدل‌هایی که به‌لحاظ آماری قابل بررسی بوده و بتوانند در عمل برای پیش‌بینی مورد استفاده قرار بگیرند، ارائه شود. ابتدا مدلسازی فعالیت مبنا با رویکردی مشابه با مدل بوستن در پنج مرحله انتخاب الگوی فعالیت روزانه، انتخاب زمان تور اصلی، انتخاب وسیله تور اصلی، انتخاب زمان تور ثانویه و انتخاب وسیله تور ثانویه انجام گرفت و مشاهده شد که انتخاب وسیله تور اصلی و ثانویه تا حد زیادی به هم نزدیک است. سپس برای بررسی بهتر و جزئی‌تر رفتار انتخاب وسیله تورها،

مدل‌های انتخاب وسیله دیگری روی همه تورها و سه بازه زمانی «صبح تا ظهر»، «صبح تا عصر» و «عصر تا عصر» ساخته شد و نتایج آن‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. از ویژگی‌های این مدل‌ها امکان دستیابی به تعاملات بین تصمیم‌های فعالیت و سفر افراد در طول یک دوره ۲۴ ساعته شبانه‌روز و شناخت عوامل مؤثر بر این تصمیمات است. متغیرهای تأثیرگذار ظاهر شده در توابع مطلوبیت، شناخت خوبی از رفتار فعالیت و سفر شهروندان به‌دست دادند که می‌تواند در تصمیم‌های حمل و نقلی مورد استفاده قرار بگیرد. لازم به ذکر است که روش انجام این پژوهش می‌تواند در سایر شهرها و نتایج آن می‌تواند برای پیش‌بینی الگوهای فعالیت افراد، زمان روز و وسیله انجام زنجیره‌های سفر روزانه و تعیین راهبردهای حل معضلات ترافیکی شهر اصفهان مورد استفاده قرار بگیرد.

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال یازدهم / شماره سوم / بهار ۱۳۹۹

## توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

مهم‌ترین نتایجی که از مدل‌های توسعه یافته درباره رفتار فعالیت و سفر شهروندان اصفهانی به دست آمدند، عبارتند از: افراد سرپرست خانوار و آقایان، اکثراً به الگوهای با فعالیت اصلی کار تمایل دارند. این افراد اغلب برای انجام تور اصلی خود، سایر وسایل را نسبت به حمل و نقل همگانی ترجیح می‌دهند.

شغل فرد در شکل‌گیری نوع الگوی فعالیت وی نقش اساسی دارد. نتایج حاکی از آن است که افراد کارمند، فرهنگی، نظامی، کارگر و یا کشاورز اغلب یک تور کاری در روز دارند و می‌توانند تور ثانویه از نوع سایر داشته باشند یا نداشته باشند؛ در حالی که فروشندگان و استادکاران اغلب تمایل به داشتن بیش از یک تور کاری در روز دارند.

افراد غیر شاغل مثل زنان خانه‌دار، بازنشستگان و افراد بیکار، غالباً الگوهای با فعالیت اصلی سایر دارند. در الگوهای با فعالیت اصلی سایر، اغلب تمایل به انجام تور اصلی در بازه‌های «صبح تا ظهر» یا «عصر تا عصر» وجود دارد.

به‌طور کلی برای تورهای با هدف سایر در بازه «صبح تا عصر» و «عصر تا عصر»، تمایل به انتخاب خودروی شخصی یا دوچرخه و در بازه «صبح تا ظهر» تمایل به انتخاب حمل و نقل همگانی یا دوچرخه بیشتر است.

سن فرد بر نوع فعالیت‌های اصلی وی تأثیر چشم‌گیری دارد. افراد زیر ۲۵ سال بیشتر با فعالیت‌های تحصیلی درگیر هستند، حال آن‌که با بالا رفتن سن و افزایش مسئولیت‌های فرد، فعالیت‌های کاری و سایر اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند.

مالکیت وسایل نقلیه موتوری و از جمله خودروی شخصی در الگوی فرد اثرگذار است و سبب افزایش تعداد تورها در الگوی فعالیت روزانه می‌شود. هم‌چنین مالکیت هر وسیله در انتخاب آن وسیله برای انجام انواع تورها نقش مثبت دارد.

افراد که محل کار آن‌ها خارج از شهر است، تمایل دارند فعالیت خود را در یک تور و بدون بازگشت میان‌روز به خانه

انجام دهند. هم‌چنین این افراد تمایل دارند تور اصلی خود را «صبح تا عصر» یا «عصر تا عصر» انجام دهند.

تور اصلی دانش‌آموزان بیشتر در بازه «صبح تا ظهر»، دانشجویان «صبح تا عصر» یا «عصر تا عصر»، کارمندان «صبح تا عصر» و فرهنگیان «صبح تا ظهر» اتفاق می‌افتد.

افراد که الگوی کاری با تور ثانویه سایر دارند، اغلب تور اصلی‌شان در بازه «صبح تا عصر» و تور ثانویه‌شان در بازه «عصر تا عصر» واقع می‌شود.

نتایج نشان می‌دهند افرادی که تور اصلی‌شان در بازه «عصر تا عصر» انجام می‌شود، به استفاده از خودرو و دوچرخه برای انجام آن تمایل دارند. هم‌چنین انجام تور اصلی در بازه «صبح تا ظهر» در تمایل به انجام آن با دوچرخه تأثیر مثبت دارد.

وجود فرزند زیر ۶ سال در خانواده اغلب تمایل به استفاده از خودروی شخصی را بالا می‌برد.

خانم‌های خانه‌دار و دانشجویان از کاربران اصلی حمل و نقل همگانی برای انجام تور اصلی خود هستند.

از میان گروه‌های مختلف جامعه، دانش‌آموزان، دانشجویان، افراد بیکار و سالمندان بازنشسته به استفاده از دوچرخه برای انجام تور اصلی تمایل دارند.

افراد که تور اصلی خود را با وسیله شخصی یا حمل و نقل همگانی انجام می‌دهند، اغلب تمایل دارند تور ثانویه‌شان را هم با همان وسیله انجام دهند.

چنانچه محل فعالیت اصلی روز خارج از شهر باشد، خودروی شخصی یا حمل و نقل همگانی برای رسیدن به آن محل به دیگر وسایل ترجیح بیشتری دارند و اگر مقصد اصلی تور ثانویه خارج از شهر باشد، تمایل به انتخاب خودروی شخصی برای انجام آن بالا می‌رود.

افراد که در یک روز «بیش از یک تور کاری» یا «تور کاری و تور تحصیلی با هم» دارند، بیشتر به استفاده از خودروی شخصی یا موتور سیکلت برای انجام تور اصلی خود تمایل دارند. هم‌چنین این افراد به‌طور کلی در بازه «صبح تا ظهر» و

8.Trip

9 Ture

10. Pattern

۱۰. متغیرها سطح معناداری بالای ۹۵٪ دارند که به جهت اختصار در این مدل و سه مدل بعد، مقدار ضرایب و آماره t آنها آورده نشده است.

## ۸. مراجع

– دانشگاه صنعتی اصفهان (۱۳۹۴) "آمارگیری مبدا مقصد برای ارزیابی و اصلاح مدل های تقاضای سفر شهر اصفهان"، گزارش مطالعات جامع شهر اصفهان.

– رصافی، الف. و لطیفی، ل. (۱۳۹۱) "تحلیل تقاضای سفر شهری به روش فعالیت مبدا: نمونه موردی منطقه سه شهرداری تهران"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال سوم، شماره دوم، ص. ۱۱۵ – ۱۰۱.

– سلیمی، ف. (۱۳۸۸) "برآورد تقاضا در حمل و نقل روستایی به روش فعالیت محور، مطالعه موردی روستاهای دور از مرکز استان فارس"، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: منوچهر وزیری، تهران: دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

– شمشیری پور، ع.، ارمگان، ع. و صمیمی، الف. (۱۳۹۳) "تصمیم هم زمان انتخاب نوع فعالیت و شیوه همراهی در سفرهای سالمندان"، چهاردهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، ۵-۶ اسفندماه ۱۳۹۳.

– عسگری، ح. (۱۳۸۸) "برآورد تقاضا در حمل و نقل روستایی به روش فعالیت محور، مطالعه موردی روستاهای نزدیک به مرکز استان فارس"، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: منوچهر وزیری، تهران: دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

– ممدوحی، الف. و روشنائی، م. (۱۳۹۵) "مدلسازی الگوی زنجیره سفر شهری (نمونه موردی تورهای سه سفره شهروندان

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال یازدهم / شماره سوم / بهار ۱۳۹۹

«عصر تا عصر» به استفاده خودروی شخصی و موتور سیکلت و در بازه «صبح تا عصر» به استفاده از حمل و نقل همگانی و موتور سیکلت تمایل بیشتری دارند. به علاوه برای تورهای «صبح تا عصر» و «عصر تا عصر» این الگو تمایل به استفاده از دوچرخه نیز وجود دارد.

در الگوی دارای «تور اصلی کاری و تور ثانویه سایر»، برای تورهای بازه «عصر تا عصر»، افراد اغلب تمایل دارند از انواع وسایل به جز حمل و نقل همگانی استفاده کنند، حال آن که برای تورهای «تورهای صبح تا عصری» که جزئی از این الگو باشند، تمایل به استفاده از حمل و نقل همگانی یا موتورسیکلت بیشتر است.

نتایج نشان داد که به طور کلی در همه بازه های زمانی، افراد فروشنده، استادکار و یا کشاورز بیشتر تمایل دارند از خودروی شخصی یا موتور سیکلت، کارگران از موتور سیکلت یا دوچرخه، دانش آموزان از حمل و نقل همگانی یا دوچرخه و دانشجویان از حمل و نقل همگانی استفاده کنند. هم چنین جوانان در بازه «عصر تا عصر» به استفاده از موتور سیکلت برای انجام تورهایشان تمایل دارند.

## ۶. سپاسگزاری

نویسندگان سپاسگزاری خود را از شهرداری اصفهان به دلیل حمایت از این پژوهش ابراز می دارند. هم چنین بر خود لازم می دانند از معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان و پژوهشکده حمل و نقل دانشگاه صنعتی اصفهان برای در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز پژوهش قدردانی کنند.

## ۷. پی نوشت ها

- 1 . Columbus, Ohio
- 2 . Denver, Colorado
3. Bowman
4. Sequential5.Yag
6. Time Use Survey
7. Activity

توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology).

– Castiglione, J., Bradley, M. and Gliebe, J. (2015) "Activity-based travel demand models: A primer", (No. SHRP 2 Report S2-C46-RR-1).

– Greene, W. H. (2012) "Nlogit Version 5.0: Reference guide, econometric software Inc., Plainview, USA and Castle Hill, Australia.

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

– Jovicic, G. (2001) "Activity based travel demand modelling". Danmarks Transp. Skn.

– Milimol, P., Sreelatha, T. and Soosan, G. (2013) "Activity based travel behavioural study and mode choice modelling", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol.2, No.1, pp. 81-90.

– Ortuzar, J. D. and Willumsen, Luis G. (2011) "Modeling transport", 4th edition by Wiley

– Subbarao, S. S. and Krishnarao, K. V. (2016) "Activity based approach to travel demand modelling: An overview", European Transport- Trasporti Europei, Vol.1, No. 61, Paper No. 6.

– Train, K. E. (2009). "Discrete choice methods with simulation". Cambridge university press.

– Yagi, S., and Mohammadian, A. K. (2010) "An activity-based micro simulation model of travel demand in the Jakarta metropolitan area". Journal of Choice Modelling, Vol.3, No.1, pp. 32-57.

قزوینی)، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال هفتم، شماره

چهارم، ص. ۶۵۳ – ۶۶۳.

– Bhat, C. R., Guo, J., Srinivasan, S. and Sivakumar, A. (2003) "Guidebook on activity-based travel demand modeling for planners", Austin, TX. Univ. Texas at Austin, 4080-P3.

– Bhat, C. R. and Koppelman, F. S. (2000) "Activity-based travel demand analysis: History, results and future directions", In 79th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

– Bowman, J. L. (1995) "Activity based travel demand model system with daily activity schedules", (M.Sc. Thesis, Massachusetts Institute of Technology).

– Bowman, J. L. (1998) "The day activity schedule approach to travel demand analysis" (Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology).

– Bowman, J. L. and Ben-Akiva, M. E. (2001) "Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules", Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol.35, No.1, pp.1-28.

– Bowman, J. L., Bradley, M., Shiftan, Y., Lawton, T. K. and Ben-Akiva, M. E. (1998) "Demonstration of an activity based model system for Portland", 8<sup>th</sup>. World Conference on Transport Research, Antwerp, Belgium.

– Butler, M. N. (2012) "An assessment tool for the appropriateness of activity-based travel demand models", (M.Sc. thesis, School of Civil

پیوست:

جدول الف. معرفی متغیرهای بانک اطلاعاتی

| متغیر  | توضیح                                     | میانگین | کمینه | بیشینه |
|--------|-------------------------------------------|---------|-------|--------|
| AGE    | سن                                        | ۲۹/۸۷   | ۶     | ۹۳     |
| MVFMEM | تعداد وسیله موتوری به تعداد اعضای خانواده | ۰/۳۴    | ۰     | ۲      |

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال یازدهم / شماره سوم / بهار ۱۳۹۹

## حسین حق شناس، فرزانه هداوند

|                  |         |                                             |                                     |          |
|------------------|---------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| ۱/۵              | ۰       | ۰/۲۱                                        | تعداد سواری به تعداد اعضای خانواده  | CARFMEM  |
| ۸                | ۰       | ۱/۴۰                                        | مالکیت وسایل موتوری خانواده         | MVNUM    |
| ۴                | ۰       | ۰/۸۵                                        | مالکیت سواری در خانواده             | CARNUM   |
| ۴                | ۰       | ۰/۶۵                                        | مالکیت دوچرخه در خانواده            | BIKENUM  |
| ۱۱               | ۱       | ۴/۳۴                                        | تعداد اعضای خانواده                 | FMEM     |
| ۶                | ۰       | ۱/۴۹                                        | تعداد دانش آموز در خانواده          | SCNUM    |
| ۵                | ۰       | ۰/۳۲                                        | تعداد دانشجوی در خانواده            | UNINUM   |
| ۶                | ۰       | ۱/۸۲                                        | تعداد دانش آموز و دانشجو در خانواده | STUNUM   |
| ۱                | ۰       | ۰/۳۱                                        | تعداد شاغلین به تعداد اعضای خانواده | WFNUM    |
| ۲                | ۰       | ۰/۱۱                                        | تعداد فرزندان ۰ تا ۵ سال در خانواده | NAGE0T5  |
| ۷                | ۰       | ۱/۶۸                                        | تعداد افراد ۰ تا ۱۸ سال در خانواده  | NAGE0T18 |
| ۱۰               | ۰       | ۲/۶۶                                        | تعداد افراد بالای ۱۸ سال در خانواده | NAGE18   |
| ۹                | ۰       | ۲/۱۳                                        | تعداد افراد ۰ تا ۲۴ سال در خانواده  | NAGE0T24 |
| ۸                | 0       | ۲/۲۱                                        | تعداد افراد بالای ۲۴ سال در خانواده | NAGE24   |
| متغیرهای جایگزین |         |                                             |                                     |          |
| درصد             | فراوانی | توضیح                                       | متغیر                               |          |
| ۳۶/۲۶            | ۳۶۷۱    | سن ۰ تا ۱۸ سال: ۱، و اگر نه: ۰              | AGE0T18                             |          |
| ۴۵/۵۹            | ۴۶۱۵    | سن ۰ تا ۲۴ سال: ۱، و اگر نه: ۰              | AGE0T24                             |          |
| ۹/۳۳             | ۹۴۴     | سن ۱۹ تا ۲۴ سال: ۱، و اگر نه: ۰             | AGE19T24                            |          |
| ۶۳/۷۴            | ۶۴۵۲    | سن بالای ۱۸ سال: ۱، و اگر نه: ۰             | AGE18                               |          |
| ۵۴/۴۱            | ۵۵۰۸    | سن بالای ۲۴ سال: ۱، و اگر نه: ۰             | AGE24                               |          |
| ۵۳/۶۵            | ۵۴۳۱    | سن ۲۵ تا ۶۵ سال: ۱، و اگر نه: ۰             | AGE25T65                            |          |
| ۰/۷۶             | ۷۷      | سن بالای ۶۵ سال: ۱، و اگر نه: ۰             | AGE65                               |          |
| ۸/۶۲             | ۸۳۷     | کارمند: ۱، و اگر نه: ۰                      | JOB1                                |          |
| ۲/۸۶             | ۲۹۰     | فرهنگی: ۱، د و اگر نه: ۰                    | JOB2                                |          |
| ۰/۷۲             | ۷۳      | نظامی: ۱، و اگر نه: ۰                       | JOB3                                |          |
| ۶/۶۶             | ۶۷۴     | کارگر: ۱، و اگر نه: ۰                       | JOB4                                |          |
| ۰/۴۴             | ۴۵      | کشاورز: ۱، و اگر نه: ۰                      | JOB5                                |          |
| ۲/۱۸             | ۲۲۱     | استادکار: ۱، و اگر نه: ۰                    | JOB6                                |          |
| ۲/۶۷             | ۲۷۰     | راننده: ۱، و اگر نه: ۰                      | JOB7                                |          |
| ۱۶/۷۰            | ۱۶۹۱    | خانه دار: ۱، و اگر نه: ۰                    | JOB8                                |          |
| ۶/۹۲             | ۷۰۱     | فروشنده: ۱، و اگر نه: ۰                     | JOB9                                |          |
| ۲/۷۵             | ۲۷۸     | بازنشسته: ۱، و اگر نه: ۰                    | JOB10                               |          |
| ۱/۶۴             | ۱۶۶     | بیکار: ۱، و اگر نه: ۰                       | JOB11                               |          |
| ۳۴/۹۰            | ۳۵۳۳    | دانش آموز: ۱، و اگر نه: ۰                   | JOB12                               |          |
| ۷/۱۰             | ۷۱۹     | دانشجو: ۱، و اگر نه: ۰                      | JOB13                               |          |
| ۱۲/۲۱            | ۱۲۳۶    | کارمند، فرهنگی یا نظامی: ۱، و اگر نه: ۰     | JGROUP1                             |          |
| ۴/۳۹             | ۴۴۴     | بازنشسته یا بیکار: ۱، و اگر نه: ۰           | JGROUP3                             |          |
| ۴۲/۰۰            | ۴۲۵۲    | دانش آموز یا دانشجو: ۱، و اگر نه: ۰         | JGROUP4                             |          |
| ۲۱/۰۹            | ۲۱۳۵    | بازنشسته، بیکار یا خانه دار: ۱، و اگر نه: ۰ | JGROUP6                             |          |
| ۷/۱۰             | ۷۱۹     | کارگر یا کشاورز: ۱، و اگر نه: ۰             | JGROUP7                             |          |

توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی سفر روزانه شهروندان به روش فعالیت مبنا با تأکید بر رفتار انتخاب وسیله ...

|       |      |                                          |         |
|-------|------|------------------------------------------|---------|
| ۹/۱۱  | ۹۲۲  | استادکار یا فروشنده: ۱، و اگر نه: *      | JGROUP8 |
| ۱۱/۴۹ | ۱۱۶۳ | کارمند یا فرهنگی: ۱، و اگر نه: *         | JGROP10 |
| ۵۲/۱۱ | ۵۲۷۵ | فرد آقا باشد: ۱، خانم: *                 | SEX     |
| ۳۰/۶۲ | ۳۱۰۰ | فرد سرپرست خانواده باشد: ۱، نباشد: *     | HHOLDER |
| ۴۵/۹۳ | ۴۶۵۰ | فرد گواهینامه دارد: ۱، ندارد: *          | LICENSE |
| ۱۱/۶۲ | ۱۱۷۶ | مقصد تور اصلی خارج از شهر: ۱، نباشد: *   | PTD44   |
| ۰/۸۰  | ۸۱   | مقصد تور ثانویه خارج از شهر: ۱، نباشد: * | STD44   |
| ۹/۶۷  | ۹۷۹  | مالکیت سواری بزرگتر از: ۱، و اگر نه: *   | CARNUM2 |

حسین حق شناس، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه صنعتی شریف و درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه ریزی حمل و نقل را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه صنعتی شریف اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته برنامه ریزی حمل و نقل از دانشگاه صنعتی شریف گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل و نقل، تقاضا در حمل و نقل و ایمنی بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه صنعتی اصفهان است.



فرزانه هداوند، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۹۳ از دانشگاه کاشان و درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه‌ریزی حمل و نقل را در سال ۱۳۹۵ از دانشگاه اصفهان اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه‌ریزی حمل و نقل، ایمنی ترافیک، مدلسازی انتخاب و شبیه‌سازی ترافیک است.

