

ارزیابی استفاده از مدل فعالیت-مبنا در قیاس با مدل سفر-مبنا برای برآورد تقاضای سفر کلان‌شهر تهران

مقاله پژوهشی

محمد مهدی یعقوبی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی^(۵)، قزوین، ایران
امیرعباس رصافی*، دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی^(۶)، قزوین، ایران
حمید میرزاحسین، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی^(۷)، قزوین، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rasafi@eng.ikiu.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۸/۱۶ - پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۵

صفحه ۶۳-۷۲

چکیده

با توجه به محدودیت‌های مالی و مکانی و مشکلات آلودگی‌های زیست محیطی در سطح معابر کلان‌شهر تهران، امروزه بیش از هر زمان دیگری احساس نیاز به استفاده از مدل‌های تقاضای سفری می‌شود که رویکردشان از "پیش‌بینی و عرضه" به "پیش‌بینی و جلوگیری" از تقاضا تغییر کند؛ از این رو در این مقاله پس از معرفی سیر تکاملی مدل‌های پیش‌بینی سفر، به مقایسه کمی و کیفی بین دو مدل مهم سفر-مبنا^۱ و فعالیت-مبنا^۲ پرداخته شده است. در انتها نیز از آنجایی که ساخت هر دو مدل سفر-مبنا و فعالیت-مبنا وابسته به ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی و اطلاعات سفر افراد است و امکان ساخت هر دو مدل برای شهر تهران وجود دارد، سعی در پیشنهاد مدل مناسب برای پیش‌بینی تقاضای سفر شهر تهران، با توجه به شرایط این کلان‌شهر شده است. در این بررسی‌ها مشخص شد که با اینکه مدل‌های فعالیت-مبنا ابزار مناسبتری برای تحلیل سیاست‌گذاری‌های مختلف بر روی تقاضای سفر شهری هستند، ولی به دلیل ساده‌سازی‌های زیاد در هنگام مدلسازی مفهوم فعالیت و نیازمندی زیاد این مدل‌ها به داده‌ها، ماتریس مبدا-مقصد به دست آمده از مدل‌های سفر-مبنا به نسبت ماتریس مبدا-مقصد مدل‌های فعالیت-مبنا، به جریان عبوری خودروهای مشاهده شده در سطح معابر شهر، نزدیک‌تر است که این امر، نتایج نزدیک‌تر به واقعیت را مهیا خواهد ساخت.

واژه‌های کلیدی: تقاضای سفر، تهران، سفر-مبنا، فعالیت-مبنا، مدل ناهمفزون

۱- مقدمه

منجر به این شد که مدل‌های تقاضای سفر از حالت همفزون به سمت مدل‌های رفتاری ناهمفزون پیش بروند به طوری از این مدل‌های جدید انتظار می‌رفت که نسبت به سیاست‌گذاری‌های مختلف نظیر مدیریت تقاضای سفر (مانند محدودیت پارکینگ^۳ و قیمت‌گذاری معابر^۴)، سیاست‌های کاربری زمین (مانند توسعه مخلوط^۵)، توسعه‌ی متمرکز در مراکز و کریدورها^۶ و طراحی فضاهای دوستانه‌ی پیاده روی^۷)، تکنولوژی ارتباطات اطلاعاتی^۸ و بهبود حمل‌ونقل عمومی^۹ حساس‌تر و پاسخگو باشند (Shiftan and Ben-Akiva, 2010). امروزه دو

در سه دهه‌ی گذشته افزایش درصد شهرنشینی مردم باعث رشد سریع سرویس‌های حمل‌ونقل عمومی و شخصی شد که این خود سبب تراکم ترافیک و آلودگی هوای غیر قابل قبولی برای کلان‌شهرها شد (Subbarao and Krishnaro, 2016)، از طرفی هم به دلیل محدودیت مکانی برای ساخت زیرساخت‌ها و همچنین هزینه‌ی زیاد آن، سیاست‌گذاران حمل‌ونقل برای رفع این مشکلات رو به استراتژی‌های مدیریت تقاضا و عرضه با تاکید بر عرضه‌ی موجود، آوردند (Pinjari and Bhat, 2011)، این علاقه به اجرای این استراتژی‌ها

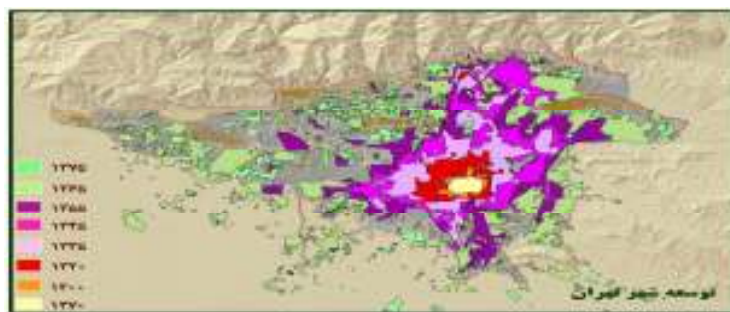
شده است که این امر در کنار رشد بالای جمعیت این شهر، همان‌طور که در شکل ۱ نیز مشاهده می‌نمایید، سبب توسعه‌ی شهری این شهر در سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵ شده است (Tehran Comprehensive Transportation and Traffic Studies Company, 2007).

در شهر تهران روزانه نزدیک به ۱۵ میلیون سفر سواره در شبکه معابر این شهر جریان دارد. این میزان سفر روزانه باعث مصرف ۱۲ میلیون لیتر بنزین توسط خودروها می‌شود (Tehran Comprehensive Transportation and Traffic Studies Company, 2007) و این امر همان‌طور که پیداست، سبب افزایش آلودگی‌های محیط زیستی می‌شود؛ علاوه بر این، افزایش در حجم تردد خودروها سبب افزایش تصادفات و خسارات مادی و جانی ناشی از آن نیز می‌شود، به همین جهت با در نظرگیری محدودیت‌های مالی و مکانی موجود در شهر تهران، امروزه بیشتر از هر زمانی احساس نیاز به استفاده از مدل‌های تقاضای سفری می‌شود که رویکردشان را از پیش‌بینی و عرضه به پیش‌بینی و جلوگیری از تقاضا، تغییر دهند؛ با توجه به اینکه ساخت هر دو مدل سفر مینا و فعالیت مینا وابسته به ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی و اطلاعات سفر افراد است؛ به طوری که لطیفی نیز در سال ۱۳۹۰ مدل فعالیت مینای ساکنین منطقه‌ی ۳ شهر تهران را با استفاده از ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی و اطلاعات سفر بدست آمده از آمارگیری‌های طرح جامع چهار مرحله‌ای شهر تهران پیشنهاد داد (rasafi and Latifi, 2011)، امکان ساخت هر دو مدل برای شهر تهران با استفاده از آمارگیری‌های مرسوم نیز ممکن است، از این رو در این مقاله سعی در پیشنهاد مدل مناسب برای پیش‌بینی تقاضای سفر شهری تهران با توجه به شرایط این کلان‌شهر شده است.

روش اصلی برای پیش‌بینی تقاضای سفر وجود دارد: اولی مدل تقاضای سفر چهار مرحله‌ای سنتی^{۱۲} است که توسط اکثر آژانس‌های برنامه‌ریزی حمل و نقل هنوز بکاربرده می‌شود و دیگری مدل‌های فعالیت مینا^{۱۳} است که فعالیت‌های خانواده و فرد را در سطوحی خیلی دقیقی شبیه‌سازی می‌کند (Shan, 2012). در این مقاله همان‌طور که در ادامه نیز مشاهده خواهد شد، در ابتدا به معرفی شهر تهران و اهداف این پژوهش پرداخته شده است سپس در بخش سوم، تاریخچه‌ای از سیر تکاملی مدل‌های تقاضای سفر بیان شده است، در بخش چهارم نیز، تفاوت‌های کیفی موجود میان این دو مدل در نظر گرفته شده است و در بخش پنجم هم به بررسی تفاوت‌های کمی مابین دو مدل سفر مینا و فعالیت مینا، از جمله تمایزات موجود میان گام‌های سه گانه‌ی تقاضا (تولید، توزیع و تفکیک) پرداخته شده است؛ لازم است که بدانید گام چهارم یا همان مرحله تخصیص سفر بین مدل‌های فعالیت مینا و مدل‌های چهار مرحله‌ای تفاوتی به لحاظ تئوری وجود ندارد، از این‌رو مدل‌های فعالیت مینا را بیشتر به عنوان مدل تقاضا محور می‌شناسند و خروجی این مدل‌ها، ماتریس مبدا-مقصد است (Rot, 2015) و در آخر نیز به جمع بندی و نتیجه‌گیری پیرامون مدل مناسب برای پیش‌بینی تقاضای سفر شهری کلان‌شهر تهران پرداخته شده است.

۲- پیشینه تحقیق

بنا بر گزارش طرح جامع تهران، جمعیت شناور این شهر در سال ۱۳۸۶ به بیش از ۸/۵ میلیون نفر در روز رسیده است. رشد اقتصادی شهر تهران به عنوان پایتخت کشور، در دهه‌های گذشته باعث ایجاد فرصت‌های شغلی مناسب در این شهر شده است، از این رو شهر تهران به عنوان یک مقصد مطلوب برای مهاجرت مردم از مناطق روستایی و شهرستانی به این کلان‌شهر



شکل ۱. نقشه‌ی توسعه‌ی شهر تهران (برگرفته از گزارش ۹۳۰ طرح جامع)

۳- تاریخچه و سیر تکاملی مدل‌های پیش‌بینی

تقاضای سفر شهری

۳-۱- مدل‌های سفرمبنای همفزون

مدل‌های پیش‌بینی تقاضای سفر شهری برای اولین بار در طی دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی برای تصمیم‌گیری جهت ایجاد زیرساخت‌های راهی^{۱۴} ساخته شدند، مدل‌های چهار مرحله‌ای شامل مدل‌های تولید^{۱۵}، توزیع^{۱۶}، تفکیک^{۱۷} و تخصیص سفر^{۱۸} هستند. ساختار اولیه‌ی این مدل‌ها به صورت ساده و تنها با چند پارامتر تعریف می‌شدند و از داده‌های همفزون^{۱۹} برای مدل‌سازی آنها استفاده می‌شد، این مدل‌ها که به مدل‌های سفرمبنای همفزون^{۲۰} شهرت داشتند، واحد مورد بررسی و مطالعه‌یشان، ناحیه بود (Jovicic, 2001).

۳-۲- مدل‌های سفرمبنای ناهمفزون

در این هنگام در اکثر شهرهای کشورهای توسعه‌یافته ساخت و سازهای جدید راه، به دلیل محدودیت‌های مالی و مکانی به شدت کاهش یافت و همچنین سیاست‌گذاران نیز توجه‌شان نسبت به مشکلاتی نظیر آلودگی هوا، تراکم معابر و حاشیه نشینان شهر جلب شد و به همین جهت بر آن شدند که با استفاده از استراتژی‌های مدیریت تقاضای سفر همچون ارتقای سیستم حمل‌ونقل عمومی، سفرهای غیر موتوری^{۲۱}، دور کاری^{۲۲} و... در پی برطرف کردن مشکلات ذکر شده، بیایند که البته این سیاست‌ها اکثراً با مدل‌های چهار مرحله‌ای همفزون قابل ارزیابی نبود.

به همین جهت پژوهشگران برای بهبود حمل‌ونقل، رویکردشان را از ساخت و ساز به مدیریت تقاضای سفر تغییر دادند، از این‌رو آنها شروع به بیان و ساخت مدل‌های پیچیده‌تری کردند که قابلیت‌های ذکر شده در بالا را داشته باشد. سرانجام در سال ۱۹۷۷ دو نوع مدل جدید با ساختاری ناهمفزون با نام‌های سفرمبنای ناهمفزون^{۲۳} و فعالیت‌مبنا در سومین کنفرانس رفتار سفر^{۲۴} در استرالیا برای مدیریت این مشکلات پیشنهاد شد، که در آن هنگام مدل‌های سفرمبنای ناهمفزون بیشتر مورد توجه قرار گرفت.

این مدل‌های جدید که به نسل دوم مدل‌های پیش‌بینی سفر نیز معروف شدند، واحد مورد بررسی و مطالعه‌ی آنها یک فرد یا خانواده بود. این مدل‌ها به نسبت مدل‌های چهار مرحله‌ای همفزون دارای حساسیت بهتر و مناسب‌تری نسبت

به ارزیابی و پاسخگویی به سیاست‌گذاری‌های مختلف مانند پرداخت عوارض^{۲۵}، ایجاد خط جدیدتر و... بودند.

مدل‌های چهار مرحله‌ای همفزون نیز تا اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ بدون استثنا مورد استفاده قرار می‌گرفتند (Rot, 2015) تا این که اولین مدل سفرمبنای ناهمفزون عملی در سال ۱۹۷۸ توسط بن-آکیوا برای سانفرانسیسکو ساخته شد (Ruiter and Ben-Akiva, 1978) که بعدها این مدل‌های سفرمبنای ناهمفزون در طول دهه ۱۹۸۰ و دهه‌های اخیر به فزاینده‌ای مورد استفاده قرار گرفتند (Ortúzar and Willumsen, 2001).

۳-۳- ضعف‌های مدل‌های سفرمبنا

از ضعف‌های مدل‌های چهار مرحله‌ای (همفزون و ناهمفزون) می‌توان به طور خلاصه به همفزونی، عدم یکپارچگی، فعالیت‌مبنا نبودن سفر و عدم در نظر گرفتن محدودیت‌های مکانی-زمانی اشاره کرد (Jovicic, 2001) که این معایب زمینه را برای معرفی مدل‌های فعالیت‌مبنا مهیا کرد.

۳-۴- مدل‌های فعالیت‌مبنا

۳-۴-۱- زمینه‌های بروز مدل‌های فعالیت‌مبنا

همان که پیشتر نیز اشاره شد، در همان سومین کنفرانس رفتار سفر در سال ۱۹۷۷، مدل ناهمفزون دیگری نیز پیشنهاد شد و در دست بررسی قرار گرفت. پژوهشگران در این هنگام تمرکزشان را بر روی درک بهتری از طبیعت تصمیمات افراد خانواده با توجه به فعالیت‌ها و سفر صورت گرفته توسط آن فعالیت‌ها، قرار دادند، این مدل‌ها تا اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰ نیز کمتر به صورت اجرایی برای پیش‌بینی تقاضای سفر به کار گرفته شده بودند؛ به طوری که آمریکا نیز در دهه‌ی ۱۹۸۰ بودجه‌ی بسیار کمی را برای بهبود تئوری این مدل‌ها در نظر گرفته بود اما در سال ۱۹۹۰ در پی اعلان لایحه‌ی هوای پاک^{۲۶}، این نیاز برای مدل‌های پیش‌بینی تقاضای سفر به صورت فعالیت‌مبنا حادث شد (Jovicic, 2001).

۳-۴-۲- مدل‌های تورمبنا^{۲۷}

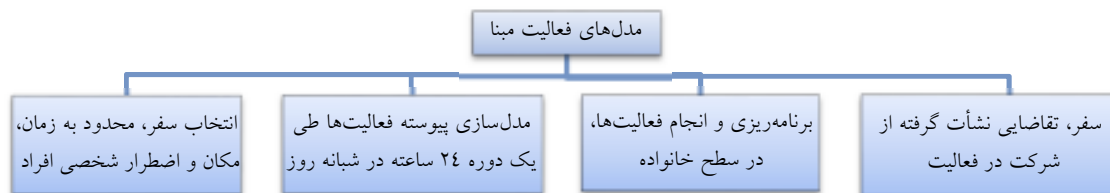
مدل‌های فعالیت‌مبنا در ابتدای ظهور تمام ضعف‌های گفته شده پیرامون مدل‌های سفرمبنا را به یکباره مرتفع نکردند، بلکه به مرور با بیان مدل‌هایی بروزتری از مدل‌های فعالیت‌مبنا این نواقص را برطرف می‌کردند؛ با این حال شاید بتوان مدل‌های

۳-۴-۳- اصول تئوری مدل‌های فعالیت‌مبنا

نظریاتی که مدل‌های تقاضای سفر فعالیت‌مبنا از آن‌ها نشأت گرفته است، برگرفته از آثار هاگستراد در سال ۱۹۷۰ (Hagerstrand, 1970) و چاپین در سال ۱۹۷۴ (Chapin, 1974) است.

نظریه جغرافیای زمان هاگستراد بر روی محدودیت‌های شخصی و اجتماعی افراد، هنگام ابراز نیاز افراد به شرکت در فعالیت‌های مختلف‌شان، تمرکز دارد و از سوی دیگر نظریه چاپین، بجای تمرکز بر روی محدودیت‌ها، به فرصت‌ها و انتخاب‌های افراد توجه دارد؛ به طوری که در این نظریه فرض بر آن است که تمایلات اساسی انسان از قبیل گرایش به بقا، تعاملات اجتماعی و روحی و روانی، به نوعی تحریک‌کننده‌ی تقاضا برای فعالیت است (Hagerstrand, 1970) و (Chapin, 1974) که این تقاضا برای شرکت در فعالیت، سبب ایجاد سفر می‌شود؛ حال به طور خلاصه می‌توان ویژگی‌های کلی مدل‌های فعالیت‌مبنا را در شکل ۲ خلاصه کرد.

تورمبنا را به عنوان مقدمه‌ی برای رسیدن به مدل‌های فعالیت‌مبنا امروزی دانست اما باز هم به دلیل نواقصی که داشت جای خود را به مدل‌های امروزی فعالیت‌مبنا بخشید. با این که در این مدل‌ها، تور به عنوان مبنا (بجای سفر) بود و باعث بهبود مدل‌های پیشتر شده بود، اما همچنان از کاستی‌هایی رنج می‌برد. نخست این که همچنان خواستگاه سفر (فعالیت) مورد غفلت قرار گرفته بود و همچنین ارتباط بین تورهای فرد در طی روز و ارتباط بین تورهای افراد خانواده دیده نمی‌شد لذا در برخورد با استراتژی‌ها ضعف داشت، به علاوه، این مدل‌ها، تور را به دو دسته‌ی خانه‌مبنا^{۲۸} و غیرخانه‌مبنا^{۲۹} تقسیم می‌کردند، که این، خود، ریشه‌ی مشکل دیگری در این مدل‌ها بود و آن، ناتوانی در مدل‌کردن تورهای غیرخانه‌مبنا به دلیل پیچیدگی در ایجاد ارتباط بین این تورها با محل زندگی افراد بود. علاوه بر همه‌ی این‌ها، این مدل‌ها همچنین قادر به مدل‌سازی هدف‌های ثانویه در تورهای چند هدفه نبودند و بجز هدف اولیه‌ی تور از سایر هدف‌ها صرف نظر می‌کردند (Bowman, 1995; Bowman and Ben Akiva, 2001).



شکل ۲. ویژگی‌های کلی مدل‌های فعالیت‌مبنا

در دهه گذشته پژوهش‌های زیادی بر روی مدل‌های فعالیت‌مبنا صورت گرفته است به‌طوری که می‌توان گفت که پژوهشگران حمل‌ونقل با ایجاد مدل‌های جدیدتر، به دنبال شبیه‌سازی هر چه بهتر رفتار سفر انسان‌ها با استفاده از مفهوم تقاضای سفر ناشی از مشارکت افراد در فعالیت‌ها، هستند.

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌کنید، مدل‌های فعالیت‌مبنا، مدل‌های واقع‌گرایانه‌تری از رفتار سفر انسان‌ها را ارائه می‌دهند، اما با این وجود مدل‌های چهار مرحله‌ای نیز در ساختارشان سادگی بیشتری وجود دارد، از این رو هر دو حسنی دارند (Shifan and Ben-Akiva, 2010)، با این مقدمه به بررسی تفاوت‌های کیفی بین این دو مدل فعالیت‌مبنا و سفرمبنا می‌پردازیم.

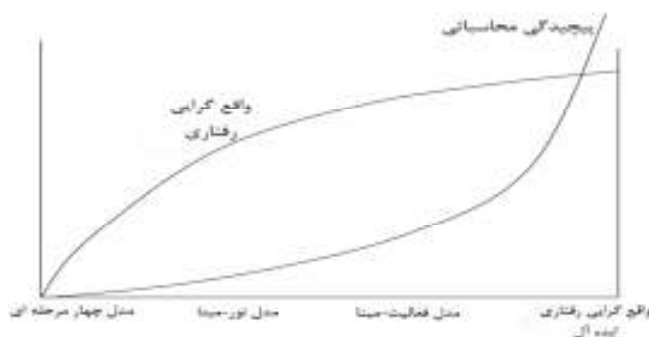
تفاوت اساسی بین مدل فعالیت‌مبنا و سفرمبنا این است که مدل‌های سفرمبنا تمرکزش بر روی سفر بدون توجه واضح و صریح به دلیل ایجاد‌کننده‌ی سفر است در صورتی که مدل

تا این‌جا در مورد اصول تئوری مدل‌های فعالیت‌مبنا صحبت شد؛ اما برای تبدیل این مفهوم تقاضای سفر ناشی از شرکت در فعالیت، به صورت مدل‌های پیش‌بینی سفر عملی فعالیت‌مبنا، از یکی از دو دسته روش‌های سیستم مدل‌های اقتصادسنجی حداکثر مطلوبیت‌مبنا^{۳۰} و سیستم مدل‌های پردازش محاسباتی قاعده‌مبنا^{۳۱} استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که هیچ کدام از دو روش فوق، به صورت جامع و منحصر به فرد نیست چرا که چندین روش دیگر نیز شامل منشور زمان-مکان^{۳۲}، روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی/تحقیق عملیات^{۳۳}، روش‌های عامل‌مبنا^{۳۴} و روش‌های طول دوره‌ی مخاطره‌مبنا^{۳۵} چه به صورت جداگانه و چه به صورت ترکیبی با هر یک از دو روش بالا به منظور بهبود سیستم مدل‌های فعالیت‌مبنا به کار گرفته می‌شوند (Pinjari and Bhat, 2011).

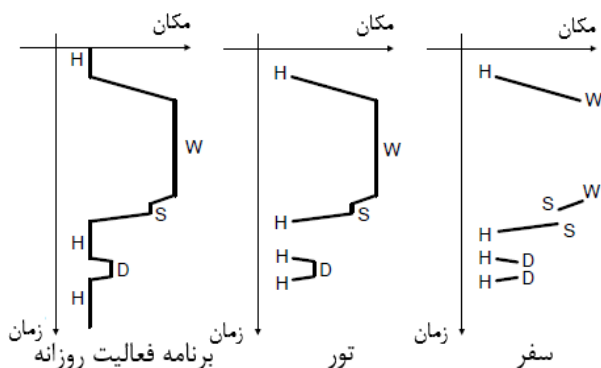
۴- مقایسه کیفی میان دو مدل سفرمبنا و فعالیت‌مبنا

ویژگی‌های سفرهای یک تور می‌کند و همچنین بر روی توالی یا الگوهای مشارکت فعالیت و رفتار سفر نیز تمرکز دارد، به طوری که برای مثال تمام رفتار روزانه فرد را به عنوان واحد تحلیل خود در نظر می‌گیرد و این امر باعث می‌شود که این روش، به طور قابل قبولی جهت پیش‌بینی رفتار سفر افراد تحت سناریوهای مختلف مدیریت تقاضا و عرضه مناسب باشد.

فعالیت‌مبنا سفر را به عنوان تقاضایی که ناشی از فعالیت است، می‌بیند (Davidson and et al, 2007)؛ تفاوت دیگر این دو مدل، همان‌طور که در شکل ۴ نیز مشاهده می‌نمایید، این است که در روش سفرمبنا، سفرهای درون یک تور (زنجیره سفر) برای یک فرد به صورت مستقل از هم دیده می‌شوند و ارتباط شیوه‌ای، زمانی و مکانی بین این سفرهای درون یک تور نادیده گرفته می‌شوند؛ در صورتی که بیان تورمبنا مدل فعالیت‌مبنا کمک به حفظ یکپارچگی و وابستگی بین



شکل ۳. واقع‌گرایی رفتاری و پیش‌بینی محاسباتی در مدل‌های تقاضای سفر (برگرفته از شیفتان و بن آکیوا (Shiftan and Ben-Akiva, 2010))



شکل ۴. واحد تحلیل در سه مدل تقاضای سفر سفرمبنا، تورمبنا و فعالیت‌مبنا (H: خانه، W: کار، S: خرید، D: نهار)

تفاوت‌های موجود میان این دو مدل، در جدول ۱ آورده شده است.

۵- مقایسه کمی میان دو مدل سفرمبنا و فعالیت‌مبنا

همان‌طور که در بخش قبلی نیز اشاره شد، مدل‌های فعالیت‌مبنا برای ارزیابی سیاست‌گذاری‌های مختلف، ابزار

آخرین تفاوت عمده‌ی این دو مدل نیز مربوط به در نظر گرفتن بعد زمان فعالیت‌ها و سفر می‌شود. در روش سفرمبنا، روز، به دو قسمت زمان اوج و غیر اوج تقسیم می‌شود، در حالی که در روش فعالیت‌مبنا الگوهای فعالیت سفر افراد در یک بازه زمانی پیوسته در طول روز مدل می‌شود (Pinjari and Bhat, 2011)؛ حال در اینجا نیز به طور خلاصه،

سیاست‌گذاری‌های مختلف حمل‌ونقل، بر گروه‌های مختلف جامعه را بیشتر فراهم می‌سازد (Walker, 2005). لِمپ و کاکلمن در مطالعه‌ی دیگری در سال ۲۰۰۷ به مقایسه‌ی رویکردهای سفرمبنا و فعالیت‌مبنا پرداختند. در این راستا، یک مدل فعالیت‌مبنا بر پایه‌ی ساکنین شهر آستین با یک مدل سنتی چهار مرحله‌ای مقایسه گردید. نتایج نشان دادند که مدل فعالیت‌مبنا تا حدودی نسبت به مدل چهار مرحله‌ای سنتی متفاوت‌تر عمل می‌کند. این تحقیق همان‌طور که بر پیچیدگی و ماهیت زمانبر مدل‌های فعالیت‌مبنا تاکید داشت، توانایی قابل توجه این مدل‌ها را در جهت تجزیه و تحلیل سناریوهای مختلف نیز مورد تایید قرار داد (Lemp, McWethy and Koppelman, 2007).

مناسبتی هستند، اما از آنجایی که این مدل‌ها، به ندرت به صورت کمی با مدل‌های سفرمبنا مورد قیاس قرار گرفته‌اند، از مقبولیت وسیع‌تر این مدل‌ها جلوگیری شده است، به همین دلیل در این بخش، به تفاوت‌های کمی مابین این دو مدل در پژوهش‌های مختلف صورت گرفته، پرداخته شده است. در اولین مطالعه، واکر در سال ۲۰۰۵ در یک محیط مدل‌سازی تحت عنوان "گام ۲"، به مقایسه‌ی یک مدل چهار مرحله‌ای و یک مدل فعالیت‌مبنا با شبیه‌سازی در مقیاس کوچک^{۳۶} برای نوادای جنوبی پرداخت. واکر در این مقاله اشاره نمود که مدل فعالیت‌مبنا، از توانایی بیشتری برای حفظ تمایزات جمعیت شناسانه‌ای که در یک جامعه وجود دارد، برخوردار است؛ در نتیجه این مدل، امکان تحلیل اثرات

جدول ۱. تفاوت‌های موجود میان دو روش فعالیت‌مبنا و سفرمبنا

مدل سفرمبنا	مدل فعالیت‌مبنا	
سفر	فعالیت	تمرکز
سفر	برنامه سفر روزانه (روز)	واحد
در نظر نمی‌گیرد	در نظر می‌گیرد	محدودیت‌های زمانی-مکانی
پایین	بالا	وضوح (دقت) زمانی-مکانی
فرد (در مدل سفرمبنای ناهمفزون)	خانواده	واحد تصمیم‌گیرنده برای سفر
کی، کجا، با چه شیوه‌ی حمل و نقلی	کدام فعالیت، کی، کجا، برای چه مدتی، و با چه شیوه‌ی حمل و نقلی	پیش‌بینی

سکونت و غیره). به علاوه، قابلیت برقراری ارتباط مستقیم میان ویژگی‌های جمعیتی و کاربری زمین با رفتارهای مرتبط با سفر باعث می‌شود که SACSIM، جهت ارزشیابی پیامدهای کاربری‌های مختلف زمین و همچنین ارزیابی سیاست‌های حمل‌ونقلی منطقه‌ای؛ به عنوان ابزاری قدرتمندتر شناخته شود (Griesenbeck and Garry, 2007). در اغلب موارد، نهادهای برنامه‌ریزی خود را ملزم می‌دانند که مدل‌های موجود خود حفظ کنند و هر گونه جمع‌آوری داده‌های جدید نیز، حول محور نیازهای مدل موجود صورت پذیرد. به همین دلیل، ارزیابی و قیاس این دو مدل بر اساس یک منبع داده‌ی مشترک موجود باعث بهبود فهم تمایز این دو مدل و راحتی ارزیابی، بین این دو مدل می‌شود که در ادامه دو مطالعه با توجه به این امر آورده شده است.

در سال ۲۰۰۵ برای شهر کپنهاگ یک مدل ترافیکی تورمبنای اجرایی به نام مدل ترافیک اورستاد^{۴۰} (OTM) و یک مدل فعالیت‌مبنا نیز، تحت عنوان COMPAS^{۴۱} بر پایه‌ی

گری و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۷ با بررسی بر روی دو مدل سفرمبنای همفزون به نام SACMET^{۳۷} و مدل فعالیت‌مبنای SACSIM^{۳۸} برای منطقه‌ی سکرمتنو^{۳۹} در کالیفرنیا دریافتند که هر دو مدل ابزار مفیدی برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در کلان‌شهرها محسوب می‌شوند. با این حال، آن‌ها دریافتند که اجرای مدل SACMET آسان‌تر بوده است و برای آماده‌سازی داده‌های ورودی و پردازش خروجی‌های مدل نیاز به زمان کمتری دارد و سریع‌تر اجرا می‌شود، این، در حالی است که اجرای مدل SACSIM پیچیده‌تر بوده و به زمان قابل توجه بیشتری برای آماده‌سازی فایل‌های مرتبط با داده‌های ورودی و همچنین برای اجرا در رایانه نیاز دارد. علاوه بر این‌ها SACSIM در قیاس با SACMET، متغیرهای مورد نظر و مرتبط با جمعیت و کاربری زمین را به شکل مستقیم‌تری برای

سیاست‌گذاران در منطقه‌ی سکرمتنو فراهم ساخته است (به عنوان مثال سن، حقوق خانوار، تراکم و ترکیب کاربری در محل

رفتارهای مرتبط با سفر روزانه کل جمعیت این ناحیه شبیه‌سازی شد و برای این کار از داده‌های ثبت شده سفر خانواری که در این مطالعه، گردآوری شده بود، استفاده گردید تا به بررسی مقایسه‌ی بین این دو مدل در مراحل مختلف برآورد تقاضای سفر پرداخته شود.

در این مطالعه، نرخ تولید و جذب سفر در مدل TBRPM، از روش دسته‌بندی متقابل^{۴۴} بدست آورده شده است و نرخ‌های تولید و جذب مدل ABM نیز، برای اهداف سفر مختلف آن TAZ^{۴۵} (ناحیه)، برای ۱۰ و ۱۰۰ الگوی فعالیت روزانه برتر (پرفراوانی) ساکنین سیتروس، با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه شده است.

$$(۱) \quad \text{نرخ تولید} = \frac{\text{تعداد ایجاد سفر}}{\text{کل واحد مسکونی TAZ}}$$

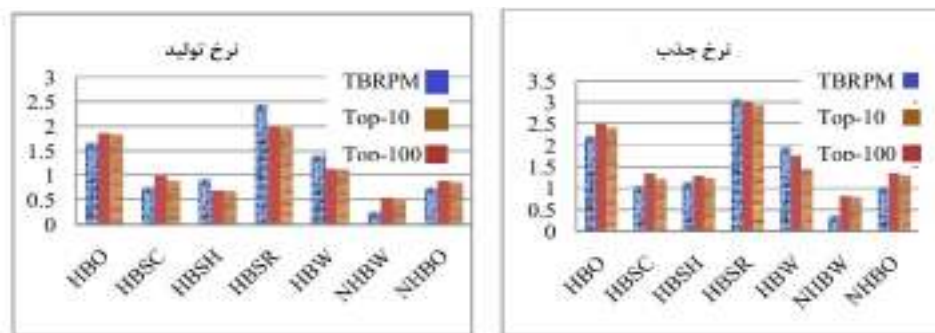
$$(۲) \quad \text{نرخ جذب} = \frac{\text{تعداد جذب سفر}}{\text{کل استخدامی های TAZ}}$$

نتایج مقایسه‌ی نرخ تولید و جذب برای اهداف سفر مختلف این سه سناریو در شکل ۵ نشان داده شده است.

همان داده‌ها، ساخته شد. مهم‌ترین منبع داده‌های این مطالعه، داده‌های بدست آمده از مصاحبه‌های تلفنی بود. در این پژوهش نشان داده شد که مدل فعالیت‌مبنا، وضعیت‌های رفتاری سفر پیچیده‌تری از خانواده‌ها را می‌تواند منعکس نماید که در نتیجه، از لحاظ رفتاری، واقعی‌تر است؛ اما این‌که، این امر می‌تواند موجب ارتقای نتایج مدل نهایی گردد یا نه، امری است که در این مطالعه به آن پرداخته نشده است (Petersen and Vuk, 2006)، از این‌رو در ادامه به بررسی مطالعه‌ی دیگری که به صورت کمی مدل‌های فعالیت‌مبنا و سفرمبنا را مقایسه کرده است، پرداخته شده است.

ژانگ و همکارانش در سال ۲۰۰۷، مجموعه داده‌های سفر را از منطقه‌ی تمپا بی، واقع در ایالت فلوریدا جمع‌آوری کردند. این مجموعه‌ی داده‌ها شامل ۶۱۵ مسافر از ۳۷۸ خانوار بود که آنها دو مدل فعالیت‌مبنا ABM و چهار مرحله‌ای TBRPM^{۴۶} را بر پایه‌ی این اطلاعات، برای اهداف مقایسه‌ای در این مطالعه، ساختند.

به دلیل وجود محدودیت در داده‌های نمونه، ناحیه‌ای کوچکتری به نام سیتروس^{۴۳} جهت ساخت مدل ABM و انجام شبیه‌سازی‌های مورد نیاز انتخاب گردید. از این‌رو



شکل ۵. مقایسه نرخ تولید و جذب سفر سه سناریو (برگرفته از شان و ژانگ)

برای سفرهای کاری خانه‌مبنا و اجتماعی خانه‌مبنا نسبت به ABM ها از نرخ جذب بالاتری برخوردار است، اما برای دیگر انواع سفرها، نرخ جذب پایین‌تری را نشان می‌دهد.

بدیهی است که نرخ سفرهای (تولید یا جذب) ۱۰۰ الگوی برتر فعالیت روزانه همیشه از نرخ سفرهای (تولید یا جذب) ۱۰ الگوی برتر فعالیت روزانه افراد بیشتر است.

در این مطالعه، توزیع سفر با استفاده از توزیع طول زمان سفر برای سفرهای مختلف صورت گرفته توسط افراد، مورد

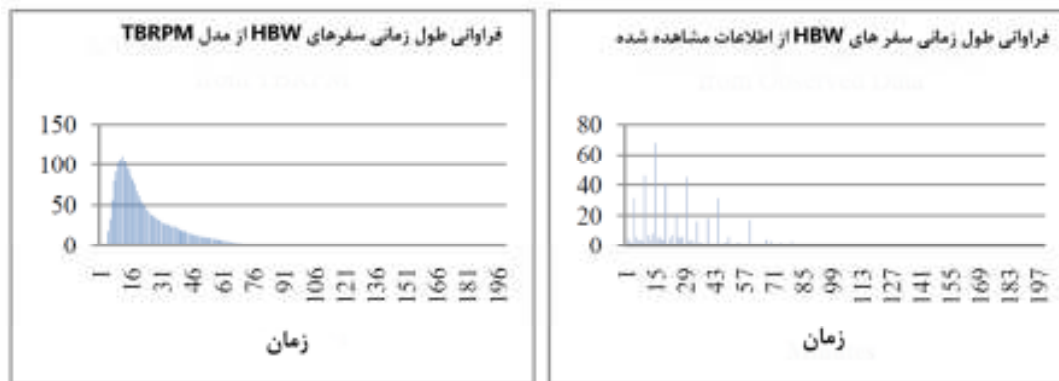
با توجه به شکل ۵، نرخ‌های تولید از TBRPM نسبت به دو سناریوی ABM برای سه هدف سفر خرید خانه‌مبنا^{۴۴}، سفرهای اجتماعی خانه‌مبنا^{۴۷} و سفرهای کاری خانه‌مبنا^{۴۸} بالاتر است. با این حال، نرخ‌های TBRPM برای سفرهای مدرسه‌ای خانه‌مبنا^{۴۹} و دیگر سفرهای خانه‌مبنا^{۵۰} نسبت به ABM ها پایین‌تر است. برای سفرهایی غیر خانه‌مبنا، روش‌های فعالیت‌مبنا از نرخ‌های تولیدی بالاتری برخوردار هستند، همچنین در قسمت نرخ جذب سفر، مدل TBRPM

TBRPM درصد سفرهای وسیله‌ی شخصی را کمتر برآورد کرده است. در پایان نیز ماتریس مبدا-مقصد بدست آمده از مدل TBRPM دارای همبستگی بالاتری با مقادیر AADT نسبت به ماتریس مبدا-مقصد بدست آمده از مدل ABM است. این نشان می‌دهد که ماتریس مبدا-مقصد حاصله از TBRPM نسبت به ماتریس مبدا-مقصد مدل ABM، واقع‌گرایانه‌تر است که دلایل احتمالی مختلفی برای عملکرد ضعیف ABM ها، در بازتولید جریان‌های مشاهده‌شده‌ی خودروها (مانند AADT) اشاره شده است، که می‌توان به مواردی همچون ساده‌سازی زیاد در هنگام مدل‌سازی مفهوم فعالیت، عدم در نظر گرفتن سفرهای خارجی ورودی و خروجی و کمبود در داده‌های جمعیت‌شناسانه جهت شبیه‌سازی بهتر اشاره کرد (Rong, Zhong and Lu, 2013).

قیاس قرار گرفته است. برای مثال، نمودارهای تابع جدایی^{۵۱} سفرهای کاری خانه‌مبنا در مدل TBRPM و داده‌های مشاهده شده‌ی توزیع سفر در شکل ۶ نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌شود، شکل توزیع فراوانی‌های طول زمان سفر بدست آمده از مدل TBRPM و داده‌های ثبت شده سفر تقریباً مشابه یکدیگر هستند و همچنین طول زمانی سفر با بیشترین فراوانی در مدل TBRPM برابر ۱۰ دقیقه است این در حالی است که در داده‌های مشاهده شده، این مقدار، ۱۵ دقیقه برآورد شده است، از این‌رو، این امر نشان می‌دهد که در TBRPM طول سفرهای کاری خانه‌مبنا (در بیشترین فراوانی) نسبت واقعیت کمتر در نظر گرفته و پیش‌بینی شده است.

در مقایسه‌ای که بین تفکیک شیوه در دو مدل TBRPM و ABM نیز صورت گرفته است، نتایج نشان دادند که مدل



شکل ۶. مقایسه توزیع طول زمانی سفرهای HBW مدل TBRPM با داده‌های ثبت شده سفرهای HBW (برگرفته از شان و زانگ)

۶- نتیجه‌گیری

حاصل از این پژوهش جهت مدل‌سازی تقاضای سفر شهری تهران نشان می‌دهد که:

۱- مدل‌های فعالیت‌مبنا در گام جمع‌آوری اطلاعات برای ساخت مدل، تفاوت چندانی با مدل‌های سفرمبنا ندارند بنابراین امکان ساخت هر دو مدل برای شهر تهران با داده‌های بدست آمده از آمارگیری‌های مرسوم وجود دارد؛ اما آن چیزی که در اینجا مهم است، هدف از ساخت مدل‌های تقاضای سفر برای شهر تهران است.

۲- در این مطالعه مشخص شد که اگر هدف از ساخت مدل تقاضای سفر، امکان‌پذیری سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های شهر تهران است، مدل‌های سفرمبنا به دلیل

همان‌طور که در بخش‌های پیشین بیان شد، در دو دهه گذشته پژوهش‌های زیادی بر روی مدل‌های فعالیت‌مبنا صورت گرفته است به طوری که پژوهشگران حمل‌ونقل، با ایجاد مدل‌های جدیدتر، به دنبال شبیه‌سازی هر چه بهتر رفتار سفر انسان‌ها با استفاده از مفهوم تقاضای سفر ناشی از مشارکت افراد در فعالیت‌ها بودند. لذا در این مقاله، به معرفی سیر تکاملی مدل‌های پیش‌بینی تقاضای سفر و مقایسه‌ی بین دو روش سفرمبنا و فعالیت‌مبنا به منظور پیشنهاد مدلی مناسب برای شهر تهران پرداخته شد که نتایج این مقایسه‌های کیفی در جدول ۱ و مقایسه‌های کمی نیز در بخش پیشین نشان داده شد، نتایج

وضعیت ترافیکی معابر شهری تهران در سال‌های آتی و بررسی تغییرات الگوهای سفر ساکنین این شهر است، مدل‌های فعالیت‌مبنا از توانایی‌های قدرتمندتری برای این منظور برخوردار هستند.

ساده‌تر بودن و ارزان‌تر بودن در هنگام برداشت داده، ساخت و مدل‌سازی، نسبت به مدل‌های فعالیت‌مبنا، دارای ارجحیت هستند.

۳- اما اگر هدف ما از ساخت این مدل‌ها، ارزیابی سیاست‌گذاری‌های مختلف مدیریت تقاضا و مدیریت عرضه بر روی

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Predict and Provide
2. Predict and Prevent
3. Trip-Based
4. Activity-Based
5. Parking Restrictions
6. Congestion Pricing
7. Mixed Development
8. Concentrated Development in Centers or Correctors
9. Pedestrian-Friendly Site Design
10. Information Communication Technology
11. Transit Improvement
12. Traditional Four Step Travel Demand
13. Activity-Based Models
14. Roadway Infrastructure
15. Trip Generation
16. Trip Distribution
17. Mode Split
18. Trip Assignment
19. Aggregate Data
20. Aggregate Trip-Based
21. Non-Motorized Trips
22. Telecommunicate
23. Disaggregate Trip-Based
24. Third International Conference in Travel Behavior
25. Roadway Pricing
26. Clean Air Act Amendment
27. Tour-Based Model
28. Home-Based
29. Non Home-Based
30. Utility Maximization-Based Econometric Model Systems
31. Rule-Based Computational Process Model Systems
32. Time-Space Prisms and Constraints
33. Operations Research/Mathematical Programming Approaches
34. Agent-Based Approaches
35. Hazard-Based Duration Approaches
36. Micro-Simulation
37. Sacramento Metropolitan Travel Demand Model
38. Sacramento Activity-Based Travel Simulation Model
39. Sacramento
40. Orestad Traffic Model
41. Copenhagen Model for Passenger Activity Scheduling
42. Tampa bay regional planning model
43. Citrus County
44. Cross classification
45. Travel analysis zone
46. Home-based shopping
47. Home-based social
48. Home-based work
49. Home-based school
50. Home-based other trips
51. Deterrence function

۸- مراجع

- شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران. (۱۳۸۶)، "گزارش کلیات آمارگیری مبدا- مقصد ۹۳۰ گزارش شماره ساکنین شهر تهران"، تهران، شهرداری تهران.
- رصافی، ا.، لطیفی، ل. (۱۳۹۰)، "پیش‌بینی تقاضای سفر شهری به روش فعالیت‌مبنا: نمونه موردی منطقه‌ی سه شهرداری تهران"، مهندسی حمل‌ونقل، سال سوم شماره دوم، ص. ۱۰۱-۱۱۵.
- Bowman, J.L. (1995), "Activity based travel demand model system with daily activity schedules, Master of Science Thesis in Transportation", Massachusetts Institute of Technology.
- Bowman, J.L., and Ben Akiva, M.E. (2001), "Activity-based disaggregate travel demand

practices and operational research approaches in activity-based travel demand modeling”, *Transportation Research Part A*, 41(5), pp.464-488.

-Griesenbeck, B., and Garry, G. (2007), “Comparison of Activity-based Tour Model to Four-step Model as a Tool for Metropolitan Transportation Planning”, *National Transportation Planning Applications Conference*, Daytona Beach, FL, May 6–10.

-Jovicic, G. (2001), “Activity based travel demand modelling: A literature study”. *Denmark’s Transport for skinning*, Note 8, ISBN: 87-7327-055-5.

-Ortúzar, J.D., and Willumsen, L.G. (2011), “Modeling Transport”, 4th edition, *ChiChester*, UK: John Wiley and Sons, pp.19.

-Petersen, E., and Vuk, G. (2006), “Comparing a Conventional Travel Demand Model to an Activity based Travel Demand Model: A Case Study of Copenhagen”, *European Transport Conference 2006*, Strasbourg, September.

-Pinjari, A.R., and Bhat, C.R. (2011), “Activity-based travel demand analysis”. *A Handbook of Transport Economics*, chapter 17, pp. 1-2.

-Ruiter, E.R., and Ben-Akiva, M. (1978), “Disaggregate travel demand models for the San Francisco bay area”, *Transportation Research Record*, 673, pp. 121-128.

-Walker, L. (2005), “Making Household Microsimulation of Travel and Activities Accessible to Planners”, *Proceedings of the 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington DC.

model system with activity schedules”, *Transportation Research Part A*, 35, pp.1 –28.

- Hagerstrand, T. (1970), “What about people in regional science?”, *Papers of the Regional Science Association*, pp. 24.

- Lemp, J.D., McWethy, L.B., and Koppelman, K.M. (2007), “From Aggregate Methods to Microsimulation: Assessing Benefits of Microscopic Activity-based Models of Travel Demand”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1994*: pp.80–88.

- Rong, S., Zhong, M., and Lu, Ch. (2013), “Comparison Between Traditional Four-Step & Activity-Based Travel Demand Modeling-A Case Study of Tampa”, *Florida, Improving Multimodal Transportation Systems-Information, Safety, and Integration*, pp. 627-633.

- Rot, M. (2015), “A Quantitative comparison of aggregate trip-based, disaggregate tour-based, & disaggregate activity-based travel production model”, *Master of science thesis in transportation*, delf university.

-Shan, R. (2012), "Comparison Between Traditional Four-Step & Activity-Based Travel Demand Modeling - A Case Study Of Tampa, Florida", *Conference of the Transportation Association of Canada Fredericton*, New Brunswick.

- Subbarao, S.S., and Krishnaro, K.V. (2016), " Activity based approach to travel demand modeling: an overview", *European Transport, transport Europe Issue 61*, Paper No. 6, ISSN 1825-3997.

- Shiftan, Y., and Ben-Akiva, M. (2010), "A practical policy-sensitive, activity-based, travel-demand model”, *The annual of regional science*, volume 47, Issue 3, pp.517-541.

-Chapin, F.S. (1974), “Human activity patterns in the city: things people do in time and space”, *New York*.

-Davidson, W., Donnelly, R., Vovsha, P., Freedman, J., Ruegg, S., Hicks, J., Castiglione, J., and Picado, R. (2007),” *Synthesis of first*