پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره‌ی ٤٥، شماره‌ی ۱، بهار ۱۳۹۲
صص. ۲۲-۱

مدل‌سازی الگوهای رفتاری سفرهای کار و خدمات ساکنان شهر تهران

کرامت‌ا.. زیاری* ـ استاد گروه جغرافیای انسانی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
فرشید عشق‌آبادی ـ دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
امیر رضا ممدوحی ـ استادیار گروه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده‌ی مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس
رحمت‌ا.. فرهودی ـ استادیار گروه جغرافیای انسانی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۰۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۰۱/۳۱

چکیده

تعیین محلّ سکونت و دریافت خدمات به‌عنوان عمده‌ترین فعّالیّت‌های انسان، نیازمند تحلیل دقیق الگوهای رفتاری انسان می باشد. هدف این مقاله مدل‌سازی الگوهای رفتاری سفرهای کار و خدمات ساکنان بیست‌ودو منطقه‌ی شهر تهران، از طریق ساخت و پرداخت مدل‌های کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت، از نوع مدل انتخاب (مدل لوجیت چندگانه) با استفاده از روش بیشینه‌ی درست‌نمایی است. بنابراین، ابتدا مدل لوجیت و نیازهای اطلاعاتی مدل‌سازی بررسی و معرّفی و سپس به توابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت پرداخته می‌شود که بر اساس ویژگی‌ها و عوامل جذب یا دفع‌کننده‌ی مناطق برای انتخاب محلّ سکونت یا دریافت خدمات ساکنان شهر تهران ساخته می‌شوند. پس از ساخت تعداد زیادی توابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت، مقادیر ثابت و ضرایب نهایی متغیّرهای توابع، بر اساس مدل لوجیت چندگانه و مشاهدات سفرهای کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت شهر تهران و استفاده از روش بیشینه‌ی درست‌نمایی، توابع مطلوبیّت نهایی تولید می‌شوند. پس از بررسی آماری، علائم و ضرایب متغیّرهای توابع مطلوبیّت ساخته‌شده و درنهایت، صحّت و دقّت مدل‌سازی‌ها در بازسازی سفرهای کاری و خدماتی مشاهده‌شده‌ی شهر تهران، از طریق تابع روندگرای خطّی تحلیل می‌شوند. مقدار خوب و بالای میزان برازندگی مدل‌سازی مشخّص می‌کند، مدل‌های حاصل، برآوردها را در سطح مطلوبی از مشاهده‌های نظیر خود بازسازی می‌کنند. مدل‌های نهایی می‌توانند الگوهای رفتاری پیچیده‌ی سفرهای کاری و خدماتی ساکنان شهر تهران را بر اساس مدل احتمالی لوجیت شبیه‌سازی کنند.

کلیدواژه‌ها: مدل لوجیت چندگانه، مدل کار ـ به ـ خانه، مدل خانه ـ به ـ خدمت، روش بیشینه‌ی درست‌نمایی، تابع مطلوبیّت، تهران.

---

* نویسنده مسئول : ۰۹۱۲۱۲۶۰۶۰۲
E-mail: zayyari@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

پیش‌بینی و تحلیل رفتار سیستم‌های شهری و منطقه‌ای، به‌دلیل ماهیت پیچیده‌ی آنها امری بسیار دشوار است. محققان برای درک بهتر سازوکار مناطق شهری معاصر، نیازمند مدل‌هایی هستند که به‌طور واقع بینانه‌ای، ویژگی‌های اساسی چنین مناطقی را مشخّص کرده و مجموعه اطلاعات تفصیلی را به‌کار می‌گیرند تا قادر به تحلیل و پیش‌بینی وضعیّت این سیستم‌های پیچیده‌ی شهری در آینده باشند. تفکیک فضایی فعّالیّت‌های انسان، نیاز به سفر و حمل‌ونقل کالاها را ایجاد می‌کند که اصل اساسی تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی آینده‌ی حمل‌ونقل است. بر این اساس، به‌سادگی می‌توان درک کرد که رشد و اندازه‌ی شهرها با افزایش تقسیم فضایی کار و سکونت با جابه‌جایی و سفرهای روزافزون، مرتبط هستند (Wegener & Fürst, 1999: 6).

برآورد تقاضای حمل‌ونقل، به‌ویژه تولید و جذب سفر، نیاز به آگاهی از چگونگی فعّالیّت‌های اجتماعی ـ اقتصادی در منطقه‌ی مورد مطالعه دارد. جمعیّت و اشتغال را می‌توان نماینده‌ی نوع و میزان فعّالیّت‌های اجتماعی ـ اقتصادی در محدوده‌ی مورد مطالعه و درنتیجه توضیح‌دهنده‌ی حجم سفرها در آن قلمداد کرد. البتّه، افزون‌بر اشتغال و جمعیّت نواحی، عوامل دیگری همچون، کاربری‌های گوناگون زمین، از جمله کاربری‌های مسکونی و اداری و تجاری، تعداد خودروها، تعداد دانش‌آموزان و دانشجویان مشغول به تحصیل، محدوده‌ی طرح ترافیک، تراکم خالص مسکونی، تراکم جمعیّتی، متوسّط سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی، فاصله‌ی مرکز منطقه تا مرکز شهر، فاصله بین هر یک از مناطق و بسیاری عوامل دیگر، بر رفتارهای سفرهای کاری و خدماتی شهروندان، نقش قابل‌توجّه و تأثیرگذاری دارند.

مدل‌های توزیع سفر[1] بین مناطق، بیان‌های ریاضی یا روابطی هستند که سفرها را بر اساس فرضیّه‌های مختلف و نظم‌هایی توزیع می‌کنند که در فراوانی طول سفر مشاهده می‌شود. در این مدل‌ها، هدف پخش یا توزیع سفرها بین زوج‌های مختلف مبدأ ـ مقصد است. انواع مختلف مدل‌های توزیع سفر در سه دسته‌ی مدل‌های تقاضای مبدأ ـ مقصد[2]، مدل‌های انتخاب[3] و مدل‌های اندرکنش فضایی[4] (مانند مدل‌های جاذبه،[5] آنتروپی،[6] شبکه[7]) تقسیم می‌شوند. به‌دلیل ناتوانی مدل‌های پیش‌بینی سفر (مانند مدل‌های اندرکنش فضایی که به‌طور عمده ثابت، کلّی، بدون دقّت و قابلیّت اطمینان رضایت‌بخشی بودند) و اینکه الگوهای رفتاری سفرکنندگان و تفاوت‌های اقتصادی، اجتماعی بین مبدأ ـ مقصد سفر این مدل‌ها مورد توجّه چندانی قرار نمی‌گرفتند، ضرورت مدل‌های پیش‌بینی رفتاری آشکار شدند (McNally, 2000: 59). در این مطالعه از مدل انتخاب (نوع لوجیت چندجمله‌ای)[8] برای مدل‌سازی الگوهای رفتاری ایجاد سفرهای کاری و خدماتی ساکنان شهر تهران، به‌منظور درک و تحلیل پیچیدگی‌های این سفرها بر اساس عوامل تأثیرگذار مختلف استفاده شده است.

---

1. Trip distribution models
2. Origin-destination demand model
3. Choice Model
4. Spatial interaction model
5. Gravity Model
6. Entropy Model
7. Network Model
8. Multinomial logit model

Archive of SID

www.SID.ir

مدل‌های انتخاب[1] یکی از مدل‌های رفتاری توزیع سفر هستند که به‌خصوص در سال‌های اخیر مورد توجّه بسیاری قرار گرفته و پیشرفت‌های قابل‌توجّهی کرده‌اند. ساختار این مدل‌ها، به‌عنوان یک روند انتخاب، از نوع احتمالی است. مسأله به‌صورت احتمال انتخاب مقصد jاز میان مقصدهای موجود، برای دست‌یابی به هدف سفر مورد نظر بررسی می‌شود. در این روش رفتار استفاده‌کنندگان و تلاش آنان در بیشینه‌کردن مطلوبیّت ناشی از انتخاب گزینه‌ی خاص از طریق روابط ریاضی مدل‌سازی می‌شود.

مبانی نظری

نخستین مجموعه از مدل‌های شبیه‌سازی کاربری زمین و حمل‌ونقل، از مدل‌های مستقّلی مانند مدل‌های تعامل فضایی به‌وجود آمدند که در علوم منطقه‌ای و حوزه‌ی علوم جغرافیایی در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ مورد توجّه قرار گرفتند. بسیاری از بیان‌های ریاضی مختلف این نوع از مدل‌ها وجود داشت و بیشتر آنها در محور مدل جاذبه که اقتباسی از فیزیک نیوتنی بود، مشتق می‌شدند (Timmermans, 2003: 4). اشتقاق از مدل جاذبه از اصول حداکثر آنتروپی (ویلسون، ۱۹۶۷ و ۱۹۷۰)، یک موفقیّت بزرگ بود و اساس و پایه‌ی بسیاری از سازوکارهای تخصیص در مدل‌های تعامل فضایی را تشکیل می‌دهد (El-Geneidy, Iacono, Levinson, 2008: 3). اساس مدل جاذبه بیانگر این مطلب است که کلّ سفرهایی که در حوزه‌ای ایجاد می‌شوند، خود را نسبت به تعداد حوزه‌های مؤثّری توزیع می‌کنند که توسّط هر حوزه به مسافرین ارائه می‌شود. سفرها به حوزه‌های مختلف با کاربری‌های متفاوت زمین، جذب یا کشیده می‌شوند. قدرت این جاذبه به‌طور مستقیم به‌اندازه‌ی توسعه‌ی کاربری زمین (جاذب) بستگی داشته و رابطه‌ی معکوس با فاصله یا (زمان سفر) مبدأ و کاربری زمین جاذب دارد (شاهی و بهبهانی، ۱۳۷۴: ۱۲۷–۱۲۸). بر اساس مدل جاذبه، مدل‌های تعامل فضایی متفاوتی ارائه شدند که از مزایای آنها به ساختار ساده و قابل فهم، کاربرد ساده‌ی آن برای هر حوزه‌ی شهری و نیاز به اطلاعات کم از برداشت سفرها می‌توان اشاره کرد؛ ولی معایب فراوانی بر این مدل‌ها از جمله، عدم توجّه به تفاوت‌های قابل‌توجّهی که در ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی ساکنان وجود دارد و ارائه‌ی یک الگوی متوسّط سفر در مورد تمام مناطق شهری، توزیع ثابت طول سفرها در سطح شهر، کاربرد متغیّرهای ساده زمان و فاصله‌ی سفر و عدم برآورد نتایج قابل مقایسه با الگوهای ترافیک نیز، وارد شده است (شاهی و بهبهانی، ۱۳۷۴: ۱۳۲–۱۳۱).

همان‌طور که اشاره شد، یکی از نواقص عمده در مجموعه مدل‌های تعامل فضایی، استفاده از نظریّه‌ی نامناسب برای توصیف رفتارهای فردی و اجتماعی سفر در مدل‌ها است. تحوّلات در استفاده از نظریّه‌ی مطلوبیّت تصادفی برای توصیف انتخاب‌ها در میان گزینه‌های گسسته، شامل انتخاب حالت (وسیله‌ی نقلیه) سفر، انگیزه برای ساخت نسل جدیدی از مدل‌های ارائه‌شده بر اساس مطالعه‌ی رفتاری را فراهم کردند. هنگامی‌که مشخّص شد مدل‌های انتخاب گسسته، می‌توانند در ارتباط با مسائلی همچون انتخاب محلّ سکونت به‌کار روند، پژوهشگران را بر آن داشت تا در پی روش‌هایی برای مدل‌سازی انتخاب افراد از نظر انتخاب محل و رفتار سفر باشند (McFadden, Lerman, 1978: 75).

1. Choice models

Archive of SID

www.SID.ir

مطالعات در مبانی رفتار سفر برای شناسایی بسیاری از کاستی‌های مدل‌های پیش‌بینی تقاضای سفر، به دهه‌ی ۱۹۷۰ بازمی‌گردد، هنگامی‌که بحران نفت در طول دهه‌ی ۱۹۷۰، به کاربرد راهبردهای مختلف کاهش مصرف انرژی، ازجمله تقاضای مدیریت سفر و فنون مدیریت سیستم حمل‌ونقل منجر شد. بنابراین به‌دلیل ناتوانی مدل‌های پیش‌بینی تعامل فضایی ـ که به‌طور عمده ثابت و کلّی بودند ـ ضرورت ساخت مدل‌های پیش‌بینی رفتاری آشکار شدند (McNally, 2000: 59). این تمرکز بر رفتار عوامل فردی و همچنین عناصر زمانی، باعث شد تا مدل‌های فعّالیّت‌محور که در تلاش برای شبیه‌سازی رفتار سفر در محدودیت زمانی و مکانی هستند، مکمّل مدل‌های شبیه‌سازی خُرد حمل‌ونقل و کاربری زمین درآیند که بر فعّالیّت عوامل در سطح فردی یا خانواده تمرکز دارند (Iacono, Levinson, El-Geneidy, 2008: 10).

بدین ترتیب در سیستم‌های جامع شبیه‌سازی خُرد[1] مناطق شهری، سطوح مختلفی از عوامل فردی (افراد، خانوارها، شرکت‌ها، و غیره) و شبیه‌سازی رفتار کلّ جمعیّت مورد توجّه قرار گرفتند. مزایای بسیاری از اتخاذ چنین مدل‌سازی برای سیستم‌های شهری به‌دست می‌آمد (Miller, 2003: 12-1)، به‌گونه‌ای که در سیستم‌های شهری پویا، پیش‌بینی رفتار این سیستم‌های پیچیده، با تعامل عوامل، فرایندهای تصمیم‌گیری پیچیده و عناصر احتمالی قابل‌توجّه، همراه بود (El-Geneidy, Iacono, Levinson, 2008: 11). از اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰ به بعد، پیشرفت قدرت محاسباتی و ذخیره‌سازی رایانه‌ها، امکان ساخت مدل‌هایی که بسیاری از کاستی‌ها در ارتباط با تلاش‌های مدل‌سازی پیشین را رفع کرده و قادر به شبیه‌سازی رفتارهای فردی و اجتماعی با جزئیات مورد نیاز باشند را برای پژوهشگران فراهم کردند. زیربنای مفهومی مشترک هر یک از این مدل‌ها، تلاش آنها برای نشان دادن رفتار عوامل فردی و اجتماعی در فضا و زمان، همراه با تعامل بین عوامل مختلف هستند (El-Geneidy, Iacono, Levinson, 2008: 9-10).

روش پژوهش

به‌دلیل پیچیدگی ساختار فعّالیّت‌های اقتصادی و اجتماعی شهر تهران، هر گونه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای برای آینده، نیازمند پیش‌بینی دقیق الگوهای رفتاری ساکنان این شهر در ارتباط با تعیین محلّ سکونت و دریافت خدمات، به‌عنوان عمده‌ترین فعّالیّت‌های انسان، هستند. هدف این مقاله، مدل‌سازی الگوهای رفتاری سفرهای کار و خدمات ساکنان بیست‌ودو منطقه‌ی شهر تهران، از طریق ساخت و پرداخت مدل‌های کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت، از نوع مدل انتخاب (و از نوع مدل لوجیت چندگانه[2]) با استفاده از روش بیشینه‌ی درست‌نمایی است. بنابراین، نخست مدل لوجیت و نیازهای اطلاعاتی مدل‌سازی بررسی و معرّفی می‌شوند و سپس به توابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت پرداخته می‌شود که بر اساس ویژگی‌ها و عوامل جذب یا دفع‌کننده‌ی مناطق برای انتخاب محلّ سکونت یا دریافت خدمات ساکنان شهر تهران ساخته می‌شوند. پس از ساخت تعداد زیادی توابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه و خانه ـ

1. Microsimulation
2. Multinomial logit Model

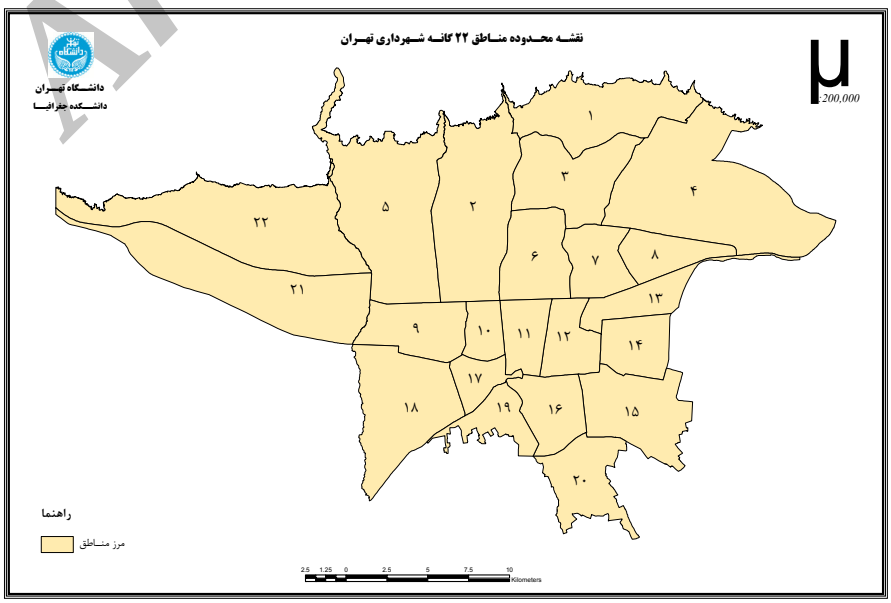
Archive of SID

www.SID.ir

به ـ خدمت، مقادیر ثابت و ضرایب نهایی متغیّرهای توابع، بر اساس مدل لوجیت چندگانه و مشاهدات سفرهای کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت شهر تهران یا استفاده از روش بیشینه‌ی درست‌نمایی از طریق نرم‌افزار گـاس، پرداخـت‌شـده و توابع مطلوبیّت نهایی تولید می‌شوند. برای اعتبارسنجی مدل‌ها، پس از بررسی آماری و علائم مقادیر و ضرایب متغیّرهای توابع مطلوبیّت ساخته شده، درنهایت، صحّت و دقّت مدل‌سازی‌ها در بازسازی مشاهدات، از طریق تابع رونـدگرای خطّـی مورد تحلیل قرار می‌گیرند. مدل‌های نهایی به‌دست‌آمده قادر هستند، الگوهای رفتاری سفرهای کاری و خدماتی سـاکنان شهر تهران را بر اساس مدل احتمالی لوجیت شبیه‌سازی کنند.

داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده

محدوده‌ی مورد مطالعه این پژوهش، مناطق بیست‌ودوگانه‌ی شهر تهران است. اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در این مطالعه را می‌توان به دو دسته‌ی درون‌منطقه‌ای (یـک‌بُعـدی) و بـین‌منطقـه‌ای (دوبُعـدی) بخـش‌بنـدی کـرد. اطلاعـات درون‌منطقه‌ای به آن دسته از داده‌ها و اطلاعات آماری گفته می‌شوند که ویژگی‌های هر منطقه را معیّن می‌کنند و شامل جمعیّت، سطح اشتغال، جمعیّت شاغل، مساحت کاربری‌های گوناگون زمین شهری، تعداد خودروها، تعداد دانش‌آموزان یـا دانشجویان مشغول به تحصیل، مناطق درونی محدوده‌ی طرح ترافیک، تراکم خالص هر یک از کـاربری اراضـی، تـراکم خالص مسکونی، تراکم جمعیّتی، نرخ رشد سالانه‌ی جمعیّت، متوسّط سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی هر یک از منـاطق هستند. اطلاعات برون‌منطقه‌ای، آن دسته از اطلاعات است که به‌گونه‌ای تعامل فضـایی میـان منـاطق مـورد مطالعـه را نشان می‌دهند، مانند تعداد سفرهای کار ـ به ـ خانه، تعداد سفرهای خانه ـ به ـ خدمت، فاصله‌ی مرکز منـاطق تـا مرکـز شهر و فاصله‌ی هوایی بین هر یک از زوج مناطق (نتایج آمارگیری مبدأ ـ مقصد تهران؛ نتایج آمارگیری دروازه‌ای تهران؛ نتایج آمارگیری مبدأ ـ مقصد تکمیلی). شکل شماره‌ی نقشه‌ی شهر تهران را به تفکیـک منـاطق بیسـت‌ودوگانـه نشـان می‌دهد.



شکل ۱. نقشه‌ی شهر تهران به‌تفکیک مناطق بیست‌ودوگانه

Archive of SID
www.SID.ir

ساختار مدل لوجیت[1]

مبنای مدل لوجیت بر این اساس قرار دارد که انتخاب شخص با توجّه به مطلوبیّتی صورت می‌گیرد که شخص از آن انتخاب کسب می‌کند. در این رابطه، فرض می‌شود که تصمیم فرد منطقی بوده و می‌توان ارجحیّت‌های او را به‌صورت تابع مطلوبیّت نشان داد. از آنجاکه رفتار افراد ساختار خاصّی نداشته و یک شخص واحد در دو موقعیّت یکسان، ممکن است انتخاب‌های متفاوتی داشته باشد، تنها می‌توان گفت: "گزینه‌ای که مطلوبیّت بیشتری داشته باشد، فقط احتمال انتخاب بیشتری دارد" و همچنین فرض می‌شود که تصمیم‌گیری فرد منطقی است. با در نظر گرفتن فرض‌های بیان‌شده می‌توان گفت، اگر مطلوبیّت گزینه‌ای بیشتر باشد، شخص آن را انتخاب می‌کند، اما از آنجاکه عوامل مختلفی در تعریف مطلوبیّت مؤثّر هستند که نمی‌توان تمام آن را مشاهده یا اندازه‌گیری کرد، تابع مطلوبیّت U برای گزینه I را به‌صورت مجموع دو بخش شامل بخش معیّن و قابل اندازه‌گیری (V)، و بخش تصادفی (ε) نشان می‌دهند که به آن بخش خطا نیز گفته می‌شود:

$$U_i = V_i + \varepsilon_i$$ رابطه‌ی ۱)

در رابطه‌ی شماره‌ی ۱، U_i و V_i، به‌ترتیب، میزان مطلوبیّت درک‌شده و اندازه‌گیری‌شده‌ی ناشی از گزینه‌ی i برای فرد است. ε_i بخش اتّفاقی یا تصادفی خطاست که اثر متغیّرهای غیرقابل مشاهده‌ی مؤثّر در تابع مطلوبیّت را نشان می‌دهد. از آنجاکه ε یک متغیّر تصادفی است، دارای توزیع آماری بوده و ممکن است توزیع آن به‌صورت‌های مختلفی در نظر گرفته شود. اگر توزیع وایبل[2] در نظر گرفته شود، شکل عمومی لوجیت نتیجه می‌شود، و چنانچه توزیع از نوع نرمال فرض شود، شکل کلّی آن به پرابیت[3] تبدیل می‌شود. قسمت معیّن تابع مطلوبیّت، به‌صورت تابعی از ویژگی‌های گزینه و خصوصیات اقتصادی ـ اجتماعی تصمیم‌گیرنده بیان می‌شود که به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۲ هستند:

$$V_i = \alpha_i + \beta_{1i}X_{1i} + \beta_{2i}X_{2i} + \cdots$$ رابطه‌ی ۲)

جدول ۱. معرّفی متغیّرهای رابطه‌ی شماره‌ی ۲

متغیّر	توضیح	متغیّر	توضیح
V_i	مطلوبیّت قابل اندازه‌گیری گزینه‌ی i	β_{ji}	وزن ویژگی jام گزینه‌ی i
X_{ji}	ویژگی jام گزینه‌ی i	α_i	ثابت تابع مربوط به گزینه‌ی i

کاربردهای نخستین مدل لوجیت برای دو گزینه و با عنوان لوجیت دوگانه[4] نامیده شد. در توسعه‌ی مدل لوجیت و کاربرد آن برای تعداد بیشتری گزینه، لوجیت چندگانه متداول شده است.

$$P_i = \frac{e^{v_i}}{\sum_{i \in L} e^{v_i}}$$ رابطه‌ی ۳)

1. Logit Model
2. Weibull
3. Probit
4. Binary Logit

Archive of SID

www.SID.ir

که P_i، احتمال انتخاب گزینه‌ی i و V_i بخش قابل محاسبه‌ی تابع مطلوبیّت برای گزینه‌ی i است.

مدل‌های کار ـ به ـ خانه (H) و خانه ـ به ـ خدمت (S)

الف) معرّفی و پرداخت مدل کار ـ به ـ خانه (H)

مدل کار ـ به ـ خانه مدلی است که چگونگی انتخاب محلّ سکونت را از محلّ شغل بیان می‌کند. هدف این مدل آن است که شرح دهد، شاغلان چگونه محلّ سکونت خود را به شرط برگزیدن محلّ شغل انتخاب می‌کنند. بنابراین مدل کار ـ به ـ خانه (H) به شرح زیر تعریف می‌شود:

h_{ij}، احتمال یا نسبتی از شاغلان در ناحیه‌ی i است که در ناحیه‌ی j سکونت دارند. روشن است که انتخاب محلّ سکونت تابعی از ویژگی‌های محلّ سکونت و هزینه‌های دسترسی به آن از محلّ کار است. به این ترتیب، این متغیّرها را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد:

- ویژگی‌های جذب‌کننده‌ی ناحیه‌ی محلّ سکونت: مانند تنوّع سطح اشتغال خدماتی، وجود فضا برای سکونت، نزدیکی به مراکز اشتغال و جمعیّت، برخورداری از امکانات شهری و رفاهی و غیره.
- ویژگی‌های منفی ناحیه‌ی محلّ سکونت: سطح زندگی، هزینه‌ی مسکن، قیمت زمین و غیره.
- ویژگی‌های دسترسی به محلّ سکونت از محلّ کار: هزینه و زمان سفر از محلّ کار به محلّ سکونت، راه‌ها و شبکه‌های دسترسی موجود، سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی و غیره.

مدل H را می‌توان به‌صورت یک مدل انتخاب محلّ سکونت، از نوع مدل لوجیت، به شرح رابطه‌ی شماره‌ی ۴ فرض کرد.

رابطه‌ی ۴)
$$H_{ij}^{wh} = P_{ij}^{wh} = P_i\{j \mid J\} = \frac{e^{u_{ij}^{wh}}}{\sum_k e^{u_{ik}^{wh}}} \quad , \mathbf{k} \in \mathbf{J}$$

جدول ۲. معرّفی متغیّرهای رابطه‌ی شماره‌ی ٤

تابع	موضوع
i	ناحیه‌ی محلّ شغل (کار)
j	گزینه‌ی مورد نظر برای محلّ سکونت
J	مجموعه گزینه‌های مطرح‌شده برای انتخاب محلّ سکونت
	تابع مطلوبیّت محلّ سکونت در ناحیه j برای شاغل در ناحیه i و (متغیّرهای دسترسی از i به j، متغیّرهای منفی j، متغیّرهای جذب j) $u_{ij}^{wh} = u^{wh}$
$p_i(j \mid J)$	احتمال انتخاب محلّ سکونت در ناحیه‌ی j از بین مجموعه گزینه‌های J از سوی شاغلان در ناحیه‌ی i

پرداخت مدل، نیازمند اطلاعات تابع H_{ij}^{wh} و متغیّرهای تابع مطلوبیّت u_{ij}^{wh} در یک سال مبنا است. برآوردی از تابع H_{ij}^{wh} را می‌توان به شرح رابطه‌ی شماره‌ی ۵ بیان کرد:

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه‌ی ۵) $h_{ij} = \frac{\text{تعداد سفرهای کار ـ به ـ خانه، از ناحیه‌ی } i \text{ به ناحیه‌ی j}}{\text{تعداد سفرهای کار ـ به ـ خانه، از ناحیه‌ی } i \text{ به تمام نواحی}}$ یا $H_{ij}^{wh} = \frac{T_{ij}^{wh}}{\sum_k T_{ik}^{wh}}$

که در آن T_{ij}^{wh} تعداد مراجعه‌ها از ناحیه‌ی کار i به ناحیه‌ی محلّ سکونت jدر یک سال مبنا است. به‌گفته‌ی دیگر، فرض می‌شود که احتمال سکونت در ناحیه‌ی jاز سوی شاغل ناحیه‌ی i، متناسب با تعداد سفرهایی است که از محلّ کار خاص به محل‌های مختلف سکونت در محدوده‌ی مورد مطالعه می‌شود؛ ولی این نسبت متعلّق به یک زمان خاص است و فرض ثابت‌ماندن آن در آینده و طیّ زمان، فرض معقولی نیست. بدین ترتیب، می‌توان مدل رابطه‌ی شماره‌ی ۴ با تابع مطلوبیّت u_{ij}^{wh} را با استفاده از روش بیشینه‌ی درست‌نمایی[1] و ماتریس مشاهدات سفرهای ساکنان شهر مناطق بیست‌ودوگانه‌ی تهران، از ناحیه‌ی کار i به ناحیه‌ی محلّ سکونت jپرداخت کرد.

ب) معرّفی و پرداخت مدل خانه ـ به ـ خدمت (S)

روشن است که انتخاب محلّ خرید کالا و خدمات از سوی جمعیّت یک ناحیه، تابعی از تسهیلات و امکانات خدماتی موجود در آن محل و هزینه‌های دسترسی به آن است. بنابراین مدل خانه ـ به ـ خدمت، مدلی است که چگونگی دریافت خدمات توسّط جمعیّت را توضیح می‌دهد. هدف ساخت این مدل، بیان چگونگی تأمین نیاز خدماتی ساکنان مناطق مختلف شهر تهران است. ماتریس سفر خانه ـ به ـ خرید S به شرح زیر تعریف می‌شود:

S_{ij}، احتمال یا نسبتی از ساکنان ناحیه‌ی i که در ناحیه‌ی j خدمات دریافت می‌کنند. تعداد مراجعه‌های خدماتی به ناحیه‌ی j، از یک ناحیه‌ی دیگر i ، را می‌توان با تعداد سفرهای خدماتی ساکنان ناحیه‌ی i به ناحیه‌ی jسنجید. بدین ترتیب، می‌توان برآوردی از S_{ij} را به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۶ بیان کرد:

رابطه‌ی ۶) $S_{ij} = \frac{\text{تعداد سفرهای برای خدمات ـ از ناحیه‌ی } i \text{ به ناحیه‌ی j}}{\text{تعداد کلّ سفرهای برای خدمات ـ از ناحیه‌ی } i \text{ به تمام نواحی}}$

یا

$$S_{ij} = \frac{T_{ij}^{hs}}{\sum_K T_{iK}^{hs}} = \frac{T_{ij}^{hs,v} + T_{ij}^{hs,w}}{\sum_K \left(T_{iK}^{hs,v} + T_{iK}^{hs,w}\right)}$$

که $T_{ij}^{hs,x}$ تعداد سفرهای خدماتی (سواره V و پیادهW) جمعیّت ناحیه‌ی i به ناحیه‌ی j، $(W, V = X)$ هستند. تشخیص سفر خدماتی از غیر آن، توسّط هدف سفر انجام می‌شود. برای نمونه، می‌توان هدف‌های سفر تحصیلی، خرید، مراجعه به اداره‌ها، موارد پزشکی و تفریح را سفرهای خدماتی تلقّی کرد. بنابراین، اگر تابع مطلوبیّت سفر خانه ـ به ـ خدمت با u_{ij}^{hs} نشان داده شود که تابع مطلوبیّت ناحیه‌ی j به‌عنوان محلّ دریافت خدمات (S) برای یک ساکن در ناحیه‌ی محلّ سکونت $i(h)$ است با فرض تابع انتخاب لوجیت برای انتخاب مقصد سفر برای دریافت خدمات، می‌توان رابطه‌ی شماره‌ی ۷ را نوشت:

1. Maximum Likelihood Estimation Method

Archive of SID

www.SID.ir

$$P_{ij}^{hs} = \mathbf{P_i}\{j \mid \mathbf{J}\} = \frac{e^{u_{ij}^{hs}}}{\sum_k e^{u_{ik}^{hs}}} \quad , \quad k \in J$$ رابطه‌ی ۷)

جدول ۳. معرّفی متغیّرهای رابطه‌ی شماره‌ی ۷

تابع	موضوع
i	ناحیه‌ی محلّ خانه
j	گزینه‌ی مورد نظر برای محلّ دریافت خدمات
J	مجموعه گزینه‌های مطرح‌شده برای انتخاب محلّ دریافت خدمات
	تابع مطلوبیّت محلّ دریافت خدمات در ناحیه‌ی j برای افراد ساکن در ناحیه‌ی i
	احتمال انتخاب محلّ دریافت خدمات در ناحیه‌ی j از بین مجموعه گزینه‌های J از سوی ساکنان در ناحیه‌ی i

بنابراین، می‌توان مدل رابطه‌ی شماره‌ی ۷ با تابع مطلوبیّت u_{ij}^{hs} را با استفاده از روش بیشینه‌ی درست‌نمایی و ماتریس مشاهدات سفرهای خدماتی ساکنان شهر مناطق بیست‌ودوگانه‌ی تهران، از ناحیه‌ی خانه‌ی i به ناحیه‌ی محلّ دریافت خدمات j پرداخت کرد.

تعیین تابع مطلوبیّت محلّ سکونت در ناحیه‌ی j برای شاغل ناحیه‌ی i و تابع مطلوبیّت محلّ دریافت خدمات از ناحیه‌ی j برای ساکن ناحیه‌ی i

مطلوبیّت[1] برای سکونت در ناحیه‌ی j برای شاغلان ناحیه‌ی i، شامل دو دسته از متغیّرها است: یک دسته متغیّرهای وابسته به محلّ سکونت j (مانند جمعیّت، سطح اشتغال و میزان مالکیّت خودروی سواری، کاربری اراضی، تراکم مسکونی خالص، تراکم جمعیّتی و غیره)؛ دسته‌ی دوم، متغیّرهای وابسته به محلّ سکونت j و محل شغل i است (مانند فاصله بین ناحیه‌ها، تعداد سفرهای کار ـ به ـ خانه و غیره).

مطلوبیّت یک ناحیه برای ساکنان ناحیه‌ی دیگر از نظر دریافت خدمات، تابعی از متغیّرهای بسیاری است که می‌توان آن را به سه دسته بخش کرد. دسته‌ی اوّل، متغیّرهایی است که وابسته به ناحیه‌ی محلّ دریافت خدمات است (مانند سطح اشتغال ناحیه)، کاربری‌های مختلف زمین ویژه‌ی ارائه‌ی خدمات (مانند کاربری‌های تجاری، اداری، مذهبی، میزان مالکیّت خودروی سواری و غیره)؛ دسته‌ی دوم، متغیّرهایی که وابسته به ناحیه‌ی محلّ سکونت نیازمندان این خدمات است (مانند سطح زندگی مردم ناحیه) و دسته‌ی سوم نیز متغیّرهایی است که به هر دو ناحیه‌ی محلّ دریافت خدمات و محلّ سکونت یادشده وابسته است (مانند فاصله میان نواحی). شکل کلّی تابع مطلوبیّت در این مدل‌ها به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۸ است:

$$u_{ij}^{hs} = \sum_k b_k f_k(x_{ijk}) \text{ یا } u_{ij}^{wh} = \sum_k a_k f_k(x_{ijk})$$ رابطه ۸)

1. Utility

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤. معرّفی متغیّرهای رابطه‌ی ۸

متغیّر	توضیح
a_k،b_k	پارامترهای تابع مطلوبیّت[1]
x_{ijk}	مقدار متغیّر تابع نظیر پارامتر برای زوج خانه – کار (خدمت) $(i-j)$
$f_{\mathrm{k}}(x_{ijk})$	تابع مطلوبیّت

در این مقاله، تابع مطلوبیّت محلّ سکونت j برای شاغلان ناحیه‌ی i ، (u_{ij}^{wh})، بر اساس مدل رابطه‌ی شماره‌ی ۸ برای ساکنان مناطق شهر تهران، (۲۲ تا ۱ =j)، که در مناطق محدوده‌ی مورد مطالعه (۲۲ تا ۱ =i) شاغل هستند ساخته می‌شود. همچنین تابع مطلوبیّت محلّ دریافت خدمات در ناحیه‌ی j برای ساکنان ناحیه‌ی i، (u_{ij}^{hs})، بر اساس مدل رابطه‌ی شماره‌ی ۷، برای ساکنان شهر تهران، (۲۲ تا ۱ = i)، ساخته می‌شود که در مناطق محدوده‌ی مورد مطالعه (۲۲ تا ۱ = j) خدمات دریافت می‌کنند. برای تعیین تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه، u_{ij}^{wh}، و تابع مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت، u_{ij}^{hs}، متغیّرهای این توابع با توجّه به ویژگی‌های موجود بودن و قابلیّت برآورد اطلاعات مربوط به آنها، تعیین می‌شوند. شکل تابعی حضور متغیّرها در تابع مطلوبیّت، یعنی، $f_{\mathrm{k}}(x_{ijk})$ با آزمون شکل‌های مختلف از آنها تعیین می‌شوند. همچنین روش پرداخت مقادیر ثابت تابع مطلوبیّت، روش برآوردگرای بیشینه‌ی درست‌نمایی است که با استفاده از نرم‌افزار گاس[2] انجام شده است. جداول شماره‌ی ۵ و ۶ به‌ترتیب برخی از نمونه ترکیب‌های مختلف متغیّرها را نشان می‌دهند که در این مطالعه برای تعیین توابع مطلوبیّت u_{ij}^{wh} و u_{ij}^{hs} بهینه، مورد پرداخت قرار گرفته‌اند.

جدول ۵. معرّفی برخی نمونه‌های مختلف تابع‌های مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه به‌کار رفته در مدل‌سازی (u_{ij}^{wh})

ردیف	تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه (u_{ij}^{wh})
۱	$u_{ij}^{wh} = (((1-di).\times ln(dst) + (1-di).\times ln(1+p) + d1 + (1-di).\times ln(e) + cbd + aco + (850-den_p).\times gr/10000 + di.\times ln(dst) + di.\times ln(1+p) + di.\times ln(e) + dout.\times ln(dst) + di.\times dst/1000 + 1-di).\times dst/1000)\times b)$
۲	$u_{ij}^{wh} = ((di.\times ln(dst) + (1-di).\times ln(dst) + dout.\times ln(dst) + di.\times dst/1000 + (1-di).\times dst/1000 + di.\times ln(p) + (1-di).\times ln(p) + di.\times ln(e) + (1-di).\times ln(e) + d1 + cbd + aco + ln(hos) + (850-den_p).\times gr/10000)\times b)$
۳	$u_{ij}^{wh} = ((1-di).* ln(p) + di.* ln(p) + ln(e) + ln(dst) + cbd + mas.* gr/100)\times b)$
۴	$u_{ij}^{wh} = ((1-di).* ln(p) + di.* ln(p) + ln(e) + (1-di).* ln(dst) + di.* ln(dst) + cbd + mas.* gr/100)\times b)$
۵	$u_{ij}^{wh} = ((di.\times ln(p) + (1-di).\times ln(p) + di.\times dst/1000 + (1-di).\times dst/1000 + cbd + di.\times e.\times gr/100000 + (1-di).\times e.\times gr/100000 + (den_p).\times gr/100 + aco)\times b)$

1. Utility Function
2. Gauss

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦. معرّفی برخی نمونه‌های مختلف تابع خانه ـ به ـ خدمت به‌کار رفته در مدل‌سازی $\left(u_{ij}^{hs}\right)$

ردیف	تابع مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت $\left(u_{ij}^{hs}\right)$
۱	$u_{ij}^{hs} = ((dii + ln(dst) + dst/1000 + ln(ofc) + ln(edc) + abs(i_c - aco)) \times b)$
۲	$u_{ij}^{hs} = ((dij + ln(dst) + dst/1000 + ln(enb) + ln(per_ofc) + ln(per_edc) + ln(per_com) + dij \times dst/1000 + dij \times enb/1000 + abs(i_c - aco) \times enb/1000 + ln(per_pub) + ln(pre_spt) + ln(per_grn) + ln(per_cur) + stu/1000) \times b)$
۳	$u_{ij}^{hs} = ((dii + ln(dst) + dst/1000 + ln(ofc) + ln(edc) + ln(com) + abs(i_c - aco)) \times b)$
۴	$u_{ij}^{hs} = ((dij + ln(dst) + dst/1000 + ln(enb) + ln(ofc) + ln(edc) + ln(com) + dij \times dst/1000 + abs(i_c - aco) \times enb/1000 + ln(pub) + ln(spt) + ln(grn) + ln(cur)) \times b)$
۵	$u_{ij}^{hs} = ((dij + ln(dst) + dst/1000 + ln(enb) + ln(ofc) + ln(edc) + ln(com) + dij \times dst/1000 + dij \times enb/1000 + abs(i_c - aco) \times enb/1000 + ln(pub) + ln(spt) + ln(grn)) \times b)$

جداول شماره‌ی ۷ و ۸ متغیّرهای به‌کار رفته در الگوهای اوّلیّه‌ی تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه $\left(u_{ij}^{wh}\right)$ و تابع مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت $\left(u_{ij}^{hs}\right)$، را ارائه می‌کنند.

جدول ۷. معرّفی متغیّرهای بکار رفته در تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه $\left(u_{ij}^{wh}\right)$

متغیّر	توضیح	متغیّر	توضیح
i	اندیس محلّ کار	ACO_{83}	متوسّط سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی منطقه‌ی j
j	اندیس محلّ سکونت	HOS_{83}	تراکم خالص مسکونی منطقه‌ی j (نسبت جمعیّت منطقه به سطح کاربری مسکونی منطقه)
P_{83}	جمعیّت منطقه‌ی j (نفر)	DEN_P	تراکم جمعیّتی منطقه‌ی j (نسبت جمعیّت منطقه به کلّ مساحت منطقه)
FP_{83}	تعداد خانوار معمولی در منطقه‌ی j	IM_{83}	تعداد مهاجران واردشده سالانه به منطقه‌ی j
E_{83}	سطح اشتغال کل (پایه و غیرپایه) منطقه‌ی j (نفر)	Gr_{83}	متوسط نرخ رشد سالانه‌ی جمعیّت منطقه‌ی j(درصد)
ER_{83}	اشتغال ساکن در منطقه‌ی j (نفر)	J_CBD	$CBD_j=0$ اگر jیکی از منطقه‌های درون محدوده‌ی طرح ترافیک باشد، وگرنه 0
$Area_{83}$	مساحت منطقه (هکتار)	$Area_R_j$	مساحت کاربری مسکونی (هکتار) منطقه‌ی j
LB_{83}	تعداد پروانه‌های ساختمانی صادرشده در منطقه‌ی j	$Area_P_j$	مساحت کاربری فضای سبز (هکتار) منطقه‌ی j
NLB_{83}	تعداد واحدهای مسکونی در پروانه‌های صادره در منطقه‌ی j	TWH_{ij}	ماتریس (۲۲×۲۲) تعداد سفرهای کار ـ به ـ خانه مناطق شهر تهران (از مبدأ i به مقصد j)
PM_{83}	نسبت تعداد واحدهای مسکونی به تعداد پروانه‌های ساختمانی صادرشده	dst_{ij}	فاصله‌ی هوایی منطقه‌ی i تا منطقه‌ی j (کیلومتر)
FAC_{83}	درصد خانوار دارای تسهیلات در واحدهای مسکونی در منطقه‌ی j	D_{ij}	متغیّر مجازی، $d_{ij} = 1$ اگر $i = j$، وگرنه 0

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸. معرّفی متغیّرهای به‌کار رفته در تابع‌های مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت (u_{ij}^{hs})

متغیّر	توضیح	متغیّر	توضیح (متر مربع)
i	اندیس محلّ خانه	$Area_P_i$	مساحت کاربری ورزشی (هکتار) منطقه‌ی j
j	اندیس محلّ خدمت	$Area_CO_i$	مساحت تجمیع کاربری‌های اداری و تجاری (هکتار) منطقه‌ی j
P_{83}	جمعیّت منطقه‌ی j(نفر)	DEN_HH_R	نسبت مساحت کاربری مسکونی به مساحت منطقه (درصد)
e_{nb}	سطح اشتغال غیرپایه منطقه‌ی j(نفر)	DEN_HH_O	نسبت مساحت کاربری اداری به مساحت منطقه (درصد)
$Area_{83}$	مساحت منطقه (هکتار)	DEN_HH_E	نسبت مساحت کاربری آموزشی به مساحت منطقه (درصد)
ACO_{83}	متوسّط سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی منطقه‌ی j	DEN_HH_C	نسبت مساحت کاربری تجاری به مساحت منطقه (درصد)
i_c_i	متوسّط سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی منطقه‌ی i	DEN_HH_P	نسبت مساحت کاربری اجتماعی به مساحت منطقه (درصد)
J_CBD	$CBDj=0$ اگر j یکی از منطقه‌های درون محدوده طرح ترافیک باشد، وگرنه 0	$Per_Landuse_j$	سرانه‌ی کاربری‌های منطقه‌ی j(نسبت مساحت به جمعیّت منطقه)
$Area_C_i$	مساحت کاربری تجاری (هکتار) منطقه‌ی j	$STUR_{83}$	تعداد دانشجویان در محلّ تحصیل منطقه‌ی j
$Area_O_i$	مساحت کاربری اداری (هکتار) منطقه‌ی j	STU_{83}	تعداد دانش‌آموزان در محلّ تحصیل منطقه‌ی j
$Area_E_i$	مساحت کاربری آموزشی (آموزشی + آموزش عالی) (هکتار) منطقه‌ی j	$SHOP_{83}$	تعداد واحدهای کسبی منطقه‌ی j
$Area_G_i$	مساحت کاربری فضای سبز (آموزشی + آموزش عالی) (هکتار) منطقه‌ی j	THS_{ij}	ماتریس (۲۲×۲۲) تعداد سفرهای خانه ـ به ـ خدمت مناطق شهر تهران (از مبدأ i به مقصد j)
$Area_P_i$	مساحت کاربری اجتماعی (تفریحی، جهانگردی و پذیرایی، فرهنگی) (هکتار) منطقه‌ی j	dst_{ij}	فاصله‌ی هوایی منطقه‌ی i تا منطقه‌ی j(کیلومتر)
$Area_H_i$	مساحت کاربری درمانی و بهداشتی (هکتار) منطقه‌ی j	D_{ij}	متغیّر مجازی $d_{ij}=1$ اگر $i=j$، وگرنه 0

جمعیّت همیشه از مناطقی که امکانات کمتری دارند، به‌سمت مناطقی با امکانات بیشتر کشش پیدا می‌کنند. تابع مطلوبیّت سکونت در مراکز سکونتگاهی و تعیین میزان اندازه‌ی آن، به عواملی متعدّدی بستگی دارد که محدوده‌ی هر شهر را مشتمل بر قابلیّت‌ها و محدودیت‌های خاصّ خود می‌کند. از شاخص‌های مورد توجّه شهروندان برای انتخاب محلّ سکونت، می‌توان به وجود مراکز خدماتی و رفاهی اشاره کرد که خدمات لازم برای برآورده‌کردن نیازهای مختلف آنها را دربر داشته باشند (مانند قیمت زمین و مسکن، سنخیّت اجتماعی، نزدیکی به محلّ اشتغال، آب‌وهوا، نزدیکی به مراکز جمعیّتی و غیره). در حقیقت ایجاد، توسعه و تجهیز هر یک از خدمات و بهبود شاخص‌ها، ارزش افزوده‌ای است که هر مکان سکونتی آن را به‌دست می‌آورد. بنابراین با توجّه به محدودیت اطلاعاتی، تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه، (u_{ij}^{hs}) با استفاده از اطلاعات و داده‌های آماری موجود شهر تهران در سال مشاهده‌ی سفرهای کار ـ به ـ خانه، ساخته و پرداخته می‌شوند.

میزان تقاضای افراد برای دریافت خدمات در مناطقی که از کاربری‌های خدمات عمومی و تخصّصی مناسب‌تری برخوردار هستند، بیشتر از مناطقی که از این خدمات کمتر بهره دارند. بنابراین، تابع مطلوبیّت دریافت خدمت (u_{ij}^{hs})، در مراکز سکونتگاهی و تعیین میزان اندازه و مقدار آن، به عوامل متعدّدی بستگی دارد که محدوده‌ی هر شهر را مشتمل بر

Archive of SID

www.SID.ir

قابلیّت‌ها و محدودیت‌های خاص خود می‌کند. بر این اساس، برای تعیین تابع مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت (u_{ij}^{hs})، شهروندان تهران، از متغیّرهایی استفاده می‌شود که در ایجاد تقاضا برای سفرهای دریافت خدمات نقش عمده‌ای دارند. ازجمله این متغیّرها، کاربری فعّالیّت‌های مختلف شهری هستند؛ زیرا از مهم‌ترین شاخص‌های مورد توجّه شهروندان برای انتخاب محلّ دریافت خدمات، وجود مراکز خدماتی است که بتواند خدمات لازم را برای برآورده کردن نیازهای مختلف آنها داشته باشند.

برای تعیین تابع مطلوبیّت (u_{ij}^{wh}) و (u_{ij}^{hs})، مدل‌های متفاوتی به‌صورت ترکیبی از متغیّرهایی برحسب ویژگی‌های خانوار (مانند متوسّط سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی) یا برحسب ویژگی‌های منطقه (مانند جمعیّت، سطح اشتغال، نرخ رشد جمعیّت و کاربری‌های زمین و غیره) ساخته می‌شوند. بنابراین، با توجّه به وجود اطلاعات آماری و اطلاعات سفرهای کار ـ به ـ خانه و سفرهای خانه ـ به ـ خدمت، از مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران با پرداخت مدل لوجیت چندگانه، به‌روش برآوردگرای بیشینه‌ی درست‌نمایی که با استفاده از نرم‌افزار گاس صورت می‌گیرد، مقادیر ثابت تابع مطلوبیّت (u_{ij}^{wh}) و (u_{ij}^{hs})، به‌ترتیب به صورت جداول شماره‌ی ۱۱ و ۱۲ برای شهر تهران به‌دست می‌آیند.

مقادیر شاخص برازندگی روش بیشینه‌ی درست‌نمایی مدل‌ها و تحلیل دقّت مدل‌های کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت در بازسازی مشاهدات

برای تعیین میزان برازندگی مدل لوجیت مشابه روش روندگرای خطّی که از مقدار R^2 استفاده می‌شود، شاخص ρ^2 با عنوان شاخص نسبت احتمال[1] به‌کار می‌رود. مقدار ρ^2 مشابه R^2 بین صفر و یک تغییر می‌کند. شاخص برازندگی دیگری که مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاخص نسبت احتمال تصحیح‌شده $\bar{\rho}^2$، با رابطه‌ی زیر است:

رابطه‌ی ۹)
$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{L(\beta) - k}{L(0)}$$

که در آن k تعداد ضرایب استفاده‌شده در مدل است. همچنین ρ^2 (شاخص نسبت احتمال) داریم:

رابطه‌ی ۱۰)
$$\rho_c^2 = 1 - \frac{L(\beta)}{L(c)}$$

همچنین:

$L(0)$ = مقدار لگاریتم تابع احتمال به‌ازای ضرایب صفر (شرایط احتمال مساوی برای همه گزینه‌ها)؛ این شاخص در واقع، لگاریتم تابع احتمال را با فرض احتمال برابر برای تمام گزینه‌ها نشان می‌دهد؛ یعنی با فرض عدم وجود هر اطلاع دیگر، فرض می‌شود که هر گزینه، احتمال انتخاب برابر داشته و تفاوتی بین آنها وجود نداشته باشد.

$L(\beta)$ = مقدار لگاریتم تابع احتمال به‌ازای ضرایب برآوردشده؛

$L(c)$ = مقدار لگاریتم تابع احتمال به‌ازای مقادیر ثابت (شرایط سهم بازار برای گزینه‌ها).

1. Likelihood ratio test

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹. شاخص‌های برازندگی مدل‌های کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت بهینه ساخته‌شده

Model	$L(0)$	$L(\beta)$	$L(c)$	ρ^2	$\bar{\rho}^2$	ρ_C^2
	−۷۴۳۴۱۴۵/۶۵۳۹۱۶	−۶۳۹۷۴۹۳/۴۳۷۵۵۳	−۷۱۳۱۳۰۷/۶۴۴۵۳۲۱۱	۰/۱۳۹۴۴۵	۰/۱۳۹۴۴	۰/۱۰۲۹
	−۹۳۳۹۶۰۳/۳۱۹۰۷۷	−۶۶۷۴۰۰۵/۴۵۸۹۹۵	−۸۸۱۳۸۴۶/۵۲۱۴۸۱۳۱	۰/۲۸۵۴۰۸	۰/۲۸۵۴۰۷	۰/۲۴۲۷۸۲

مطابق جدول شماره‌ی ۹، میزان لگاریتم تابع احتمال به‌ازای ضرایب صفر ($L(0)$)، به‌ترتیب برای مدل‌های کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت برابر با ۷۴۳۴۱۴۵/۶۵۳۹۱۶− و ۹۳۳۹۶۰۳/۳۱۹۰۷۷− هستند و همچنین میزان لگاریتم تابع احتمال به‌ازای ضرایب برآوردشده ($L(\beta)$)، به‌ترتیب برابر با ۶۳۹۷۴۹۳/۴۳۷۵۵۳− و ۶۶۷۴۰۰۵/۴۵۸۹۹۵− هستند که مشاهده می‌شود $|L(\beta)| > |L(0)|$ و همچنین $|L(\beta)| < |L(C)|$، یعنی توضیح دهندگی مشاهدات با استفاده از مقادیر ثابت به‌دست‌آمده برای هر دو مدل بیشتر است. مطابق جدول شماره‌ی ۹، دو مدل بهینه‌ی ساخته‌شده مقادیر ρ^2 و ρ_c^2 خوب و به‌نسبت بالایی در مقایسه با مدل‌های ساخته‌شده‌ی دیگر در بخش مدل‌سازی دارند.

مدل‌های رابطه‌ی شماره‌ی ۱۱ و ۱۲ به‌عنوان تابعی از حجم سفرهای متناظر مشاهده‌شده را نشان می‌دهد.

رابطه‌ی ۱۱) $$\hat{T}_{ij}^{wh} = ۰/۹۱۸ + T_{ij}^{wh} + ۴۰۹/۲۰۲$$

رابطه‌ی ۱۲) $$\hat{T}_{ij}^{hs} = ۰/۹۲۲ + T_{ij}^{hs} + ۴۸۵/۸۰۸$$

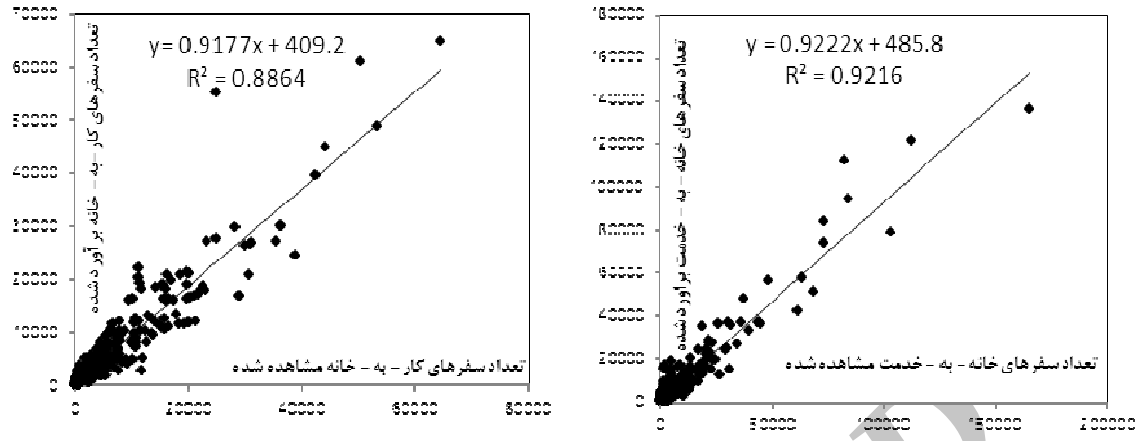
که در رابطه‌ی شماره‌ی ۱۱، تعداد سفرهای کار ـ به ـ خانه مشاهده‌شده با T_{ij}^{wh} و تعداد سفرهای کار ـ به ـ خانه‌ی برآوردشده با $\hat{T}_{ij}^{wh}$، نشان داده می‌شوند و در رابطه‌ی شماره‌ی ۱۲، تعداد سفرهای خانه ـ به ـ خدمت مشاهده‌شده با T_{ij}^{hs}، و تعداد سفرهای خانه ـ به ـ خدمت برآوردشده با $\hat{T}_{ij}^{hs}$ نشان داده می‌شوند.

جدول ۱۰. معرّفی ضرایب متغیّرها و مقادیر آماری رابطه‌ی روندگرای خطی

مدل	مقدار (کار ـ به ـ خانه)	مقدار (خانه- به- خدمت)	توضیح
a	۴۰۹/۲۰۲	۴۸۵/۸۰۸	ضریب رگرسیون (عرض از مبدأ)
b	۰/۹۱۸	۰/۹۲۲	ضریب رگرسیون
n	۴۸۴	۴۸۴	تعداد سفرهای مشاهده شده که $i = (1, \dots, 22)$ و $j = (1, \dots, 22)$
	۰/۸۸۶	۰/۹۲۲	ضریب تعیین مدل
F	۳۷۵۹/۷۱۷	۵۶۶۷/۵۰۰	توزیع F
p-value	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	آماره احتمال توزیع F
	۲/۸۹۷	۲/۵۰۷	آماری t نظیر پارامتر a
sig.a	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	آماره احتمال توزیع t_a
	۶۱/۳۱۷	۷۵/۲۸۳	آماری t نظیر پارامتر b
sig.b	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	آماره احتمال توزیع t_b

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. برازندگی مدل برآورد حجم سفرهای کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت برای شاغلان و ساکنان بیست‌ودو منطقه‌ی شهر تهران به مشاهدات

در هر دو مدل ساخته‌شده، مقدار مقدار احتمال آماری[1] F برابر صفر است و در نتیجه فرض H_0 با قطعیّت رد می‌شود و نتایج رگرسیون معنادار هستند. دقّت مدل‌های کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت در بازسازی مشاهدات بسیار خوب است و ضریب تعیین مقدار بسیار خوب و به‌ترتیب برابر ۰/۸۸۶ و ۰/۹۲۲ هستند. مقدار آماری t برای مقدار b به‌ترتیب (۶۱/۳۱۷) و (۷۵/۲۸۳)، در فاصله‌ی اطمینان ۹۹٪، α = ۰/۰۱ و درجه آزادی $d.f$ =۴۸۳، ($t_{.,.۱}$ =۲/۶۰۰)، بسیار بزرگ بوده و معنادار است و فرض صفر بودن مقدار b رد می‌شود. همچنین مقدار آماری t برای مقدار α به‌ترتیب (۲/۸۹۷) و (۲/۵۰۷)، در سطح خطا α = ۰/۰۱ و درجه آزادی $d.f$ = ۴۸۳، ($t_{.,.۱}$ =۲/۵۰۷)، کوچک و بی‌معنا بوده و فرض صفر بودن مقدار a رد نمی‌شود. بنابراین، عرض از مبدأ (a) اگرچه صفر نیست، مقدار کوچکی است و در مقایسه با میانگین تعداد سفرهای کار ـ به ـ خانه، ۴۹۶۹ نفر و میانگین تعداد سفرهای خانه ـ به ـ خدمت، ۶۲۴۳ نفر، ارقام ۴۰۹/۲۰۲ و ۴۸۵/۸۰۸ نفر ناچیز هستند.

جدول ۱۱. برآورد مقادیر ثابت تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه u_{ij}^{wh}

مدل	$u=0.794323\times(1-di).*ln(p)+0.856475\times di.*ln(p)+0.14696\times ln(e)-1.141670\times ln(dst)-0.779714\times cbd-2.912373\times di.*aco+0.333017\times ln(lu_res)$				
ردیف	متغیّر	مقدار ثابت	*Std.Error*	*t-stat*	*P-Value*
۱	$(1-D_i)\times Ln(P_j)$	۰/۷۹۴۳۲۳	۰/۰۰۰۰۲۲	۳۶۲۷۴/۵۵۴۱۵۲	۰/۰۰۰۰۰۰
۲	$D_i\times Ln(P_j)$	۰/۸۵۶۴۷۵	۰/۰۰۰۰۲۱	۴۰۰۷۰/۵۰۵۸۶۷	۰/۰۰۰۰۰۰
۳	$Ln(e_j)$	۰/۱۱۴۶۹۶	۰/۰۰۰۰۱۵	۷۸۲/۰۱۰۱۲۶	۰/۰۰۰۰۰۰
۴	$Ln(dst_j)$	−۱/۱۴۱۶۷۰	۰/۰۰۰۰۱۵	−۷۶۶۷۸/۵۲۴۸۸۹	۰/۰۰۰۰۰۰
۵	cbd_j	−۰.۷۷۹۷۱۴	۰/۰۰۰۰۲۵	−۳۱۲۹۰/۰۰۴۹۰۴	۰/۰۰۰۰۰۰
۶	$D_i\times aco_j$	−۲/۹۱۲۳۷۳	۰/۰۰۰۱۳۶	−۲۱۴۲۴/۴۹۰۰۵۷	۰/۰۰۰۰۰۰
۷	$Ln(LU_Res)$	۰/۳۳۳۰۱۷	۰/۰۰۰۰۱۸	۱۸۳۸۴/۵۹۶۳۷۸	۰/۰۰۰۰۰۰

Iterations: 56 $L(0)=-7434145.653916$ $L(\beta)=-6397493.437553$ $L(C)=-7131307.64453211$
Observations: 484 Degrees of freedom: 477
$\rho^2 = 0.139445$ $\bar{\rho}^2 = 0.13944$ $\rho_C^2 = 0.1029$

1. Prob F-Statistic

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۲. برآورد مقادیر ثابت تابع مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت u_{ij}^{hs}

مدل	$u=1.010272\times di-1.562640\times ln(dst)-0.025710\times dst/1000+0.315530\times ln(comofc)+0.298544\times ln(edc)-0.277756\times abs(i_c-aco)+0.092692\times ln(stu)+0.00775\times ln(stur)$				
ردیف	متغیّر	مقدار ثابت	Std.Error	t-stat	P-Value
۱	D_i	۰/۰۱۰۲۷۲	۰/۰۰۰۰۲۴	۴۲۲/۵۱۷۰۹۶	۰/۰۰۰۰۰۰
۲	$Ln(dst_j)$	−۱/۵۶۲۶۴۰	۰/۰۰۰۰۳۸	−۴۰۷۱۸/۹۰۶۲۲۰	۰/۰۰۰۰۰۰
۳	$dst_j/1000$	−۰/۰۲۵۷۱۰	۰/۰۰۰۰۰۵	−۵۴۷۷/۹۲۸۳۳۲	۰/۰۰۰۰۰۰
۴	$Ln(comofc_j)$	۰/۳۱۵۵۳۰	۰/۰۰۰۰۰۷	۴۴۶۶۹/۲۸۸۳۷۰	۰/۰۰۰۰۰۰
۵	$Ln(edc_j)$	۰/۲۹۸۵۴۴	۰/۰۰۰۰۱۰	۳۱۰۴۲/۶۴۶۴۳۰	۰/۰۰۰۰۰۰
۶	$abs(i_c_i-aco_j)$	−۰/۲۷۷۷۵۶	۰/۰۰۰۱۱۶	−۲۳۹۷/۵۶۶۳۸۲	۰/۰۰۰۰۰۰
۷	$Ln(stu_j)$	۰/۰۹۲۶۹۲	۰/۰۰۰۰۱۴	۶۸۴۳/۸۶۴۴۵۸	۰/۰۰۰۰۰۰
۸	$Ln(stur_j)$	۰/۰۰۷۷۴۵	۰/۰۰۰۰۰۲	۳۴۵۴/۰۰۳۴۵۳	۰/۰۰۰۰۰۰

Iterations: 71 $L(0)=-\ 9339603.319077$ $L(\beta)=-\ 6674005.458995$ $L(C)=-\ 8813846.52148131$
Observations: 484 Degrees of freedom: 476
$\rho^2 = 0.285408$ $\bar{\rho}^2 = 0.285407$ $\rho_C^2 = 0.242782$

مطابق جداول شماره‌ی ۱۱ و ۱۲ همه‌ی متغیّرهای تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه‌ی برگزیده u_{ij}^{wh}، و تابع مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت برگزیده‌ی u_{ij}^{hs} از نظر آماری t بسیار با اهمّیّت هستند و با احتمال بیش از ۹۹٪ می‌توان فرضیه صفر بودن آنها را رد کرد. همچنین، همه‌ی مقادیر ثابت برآوردشده دارای علامت مطابق انتظار بوده و مقادیر احتمال آماری[1] تمام پارامترها صفر هستند.

بحث و یافته‌ها

بررسی متغیّرهای تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه (u_{ij}^{wh}) و تابع مطلوبیّت خانه- به- خدمت (u_{ij}^{hs})

در ادامه به تحلیل متغیّرهای به‌کار رفته و مقادیر ثابت برآوردشده در تابع مطلوبیّت و تابع مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت (u_{ij}^{hs}) مطابق جدول‌های شماره‌ی ۱۱ و ۱۲ پرداخته می‌شود.

الف) بررسی متغیّرهای تابع مطلوبیّت کار ـ به ـ خانه (u_{ij}^{wh})

الف-۱) متغیّر مجازی D_{ij}

برای دریافت اثر متفاوت زمانی که ناحیه‌ی محلّ کار i و ناحیه‌ی محل سکونت j یکی است، یعنی $i = j$، متغیّر کمکی D_{ij} مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین:

1. P-value

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه‌ی ۱۳

$$\begin{cases} D_{ij} = 1 \ , \ i = j & \text{اگر} \\ D_{ij} = 0 \ , \ i \neq j & \text{وگرنه} \end{cases}$$

الف-۲) متغیّر جمعیّت- $(1 - D_i) \times Ln(P_j)$ و $D_i \times Ln(P_j)$

جمعیّت (P_j) به‌عنوان شاخص وجود امکانات سکونتی، می‌تواند عاملی برای جذب جمعیّت باشد. این شاخص نشان‌دهنده‌ی توسعه‌یافتگی ناحیه‌ی jاست که در صورت وجود ظرفیت برای جذب جمعیّت، باید به‌صورت مثبت عمل کند. علامت ضریب متغیّر ردیف‌های اوّل و دوم، یعنی جمعیّت (P_j) در جدول شماره‌ی ۱۱، گویای این اثر است که بر طبق انتظار برآورد شده است. همچنین ضریب مثبت $Ln(P_j)$ و ماهیّت صعودی لگاریتمی تابع، نشان‌دهنده‌ی این است که در مناطق بیست‌ودوگانه‌ی شهر تهران، بین افزایش جمعیّت و مطلوبیّت برای سکونت، رابطه‌ی صعودی وجود دارد. به‌گفته‌ای با افزایش جمعیّت در هر منطقه و درنتیجه‌ی آن افزایش تراکم مسکونی، مطلوبیّت برای سکونت نیز به‌صورت صعودی افزایش یافته است. در ردیف نخست، مقدار ثابت متغیّر $(1 - D_i) \times Ln(P_j)$ کمتر از مقدار ثابت متغیّر $D_i \times Ln(P_j)$ در ردیف دوم است که نشان می‌دهد، اگر شاغل در منطقه‌ی i، همان منطقه را برای سکونت انتخاب کند (یعنی $i = j$) وی مطلوبیّت بیشتری برای این انتخاب کسب می‌کند تا اینکه اگر شاغل در منطقه‌ی i، منطقه‌ای غیر از منطقه‌ی i، (یعنی $i \neq j$) را برای سکونت انتخاب کند.

الف-۳) متغیّر سطح اشتغال – $Ln(e_j)$

سطح اشتغال در منطقه‌ی j (e_j)، نیز در تابع مطلوبیّت با اثر مثبت ظاهر شده است و رفتاری مشابه P_j در جذب شاغلان از خود نشان می‌دهد. سطح اشتغال بیشتر در یک منطقه را، می‌توان نشانه‌ای از وجود امکانات سکونتی در آن منطقه دانست. همچنین ضریب مثبت $Ln(e_j)$ و ماهیّت صعودی لگاریتمی تابع، نشان‌دهنده‌ی این است که افزایش سطح اشتغال و به‌گفته‌ای شغل‌های موجود در منطقه، تأثیر صعودی مثبتی بر استقرار سکونت در آن منطقه دارد.

الف-٤) متغیّر فاصله‌ی محلّ کار(i) از محلّ سکونت-$\mathbf{Ln(dst_j)}$

بدیهی است که هر چه فاصله‌ی محلّ کار (i) از محلّ سکونت (j) بیشتر باشد، انتظار می‌رود که مطلوبیّت ناحیه‌ی محلّ سکونت jبرای شاغلان ناحیه‌ی محلّ کار i، کمتر باشد. افزایش مسافت بین محلّ کار و محلّ سکونت با افزایش هزینه‌های ذهنی یا زمانی رفت‌وآمد و همچنین هزینه‌های مالی، به‌صورت کرایه‌بها یا هزینه‌ی استفاده از خودرو شخصی همراه می‌شود، درنتیجه شاغل در ناحیه‌ی i عامل مسافت و دوری را به‌صورت عاملی منفی در انتخاب محلّ سکونت در نظر می‌گیرد. به این ترتیب، علامت منفی در متغیّر ردیف چهار ($Ln(dst_{ij})$) گویای این مطلب است و نشان می‌دهد که علامت مقدار ثابت متغیّر فاصله، به‌درستی برآوردشده است. همچنین ماهیّت لگاریتمی تابع، نشان می‌دهد که افزایش فاصله‌ی محلّ کار از محلّ سکونت اثری منفی کاهنده بر کاهش مطلوبیّت انتخاب محلّ سکونت دارد.

الف-۵) متغیّر ناحیه‌ی درونی محدوده‌ی طرح ترافیک – (CBD_j)

واقع شدن محلّ سکونت j، در محدوده‌ی طرح ترافیک (CBD_j)، به‌دلیل افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل، بهای بالای

Archive of SID

www.SID.ir

اجاره و قیمت زمین و مسکن، مشکلات زیست‌محیطی و غیره، یک عامل منفی برای انتخاب آن ناحیه برای سکونت تلقّی می‌شود. ضریب منفی برآوردشده‌ی این متغیّر، در ردیف پنجم جدول شماره‌ی ۱۱ این واقعیّت را نشان می‌دهد.

الف-٦) متغیّر متوسط سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی – (ACO_j)

علامت ضریب این متغیّر در تابع مطلوبیّت u_{ij}^{wh}، منفی به‌دست آمده است. می‌توان چنین تفسیر کرد که بیشتر بودن مقدار این متغیّر، به‌معنی بالا بودن سطح هزینه‌ی زندگی (افزایش قیمت یا اجاره‌ی املاک) در منطقه‌ی مورد نظر است که انتظار می‌رود، بر انتخاب اثر منفی بگذارد. ضریب منفی این متغیّر در ردیف ششم جدول شماره‌ی ۱۱ این واقعیّت را نشان می‌دهد.

الف-۷) متغیّر سطح کاربری زمین مسکونی – ($Ln(LU_Res)$

علامت ضریب این متغیّر در تابع مطلوبیّت u_{ij}^{wh}، مطابق انتظار و مثبت برآوردشده است. به‌گفته‌ای با افزایش سطح کاربری مسکونی در مناطق تهران، مطلوبیّت برای استقرار سکونت و جمعیّت در آن منطقه افزایش داشته است. ماهیّت صعودی لگاریتمی تابع، نشان می‌دهد که افزایش سطح کاربری مسکونی، به‌صورت صعودی با مطلوبیّت منطقه برای سکونت ارتباط دارد. بررسی این متغیّر با متغیّر جمعیّت، نشان‌دهنده‌ی روبه‌رشد بودن آن منطقه، از نظر جاگیری جمعیّت است. به‌گفته‌ای با افزایش سطح کاربری مسکونی و افزایش جمعیّت و در نتیجه افزایش تراکم ساختمانی مسکونی در منطقه، مطلوبیّت آن منطقه نیز افزایش می‌یابد.

ب) بررسی متغیّرهای تابع مطلوبیّت خانه ـ به ـ خدمت (u_{ij}^{hs})

ب-۱) متغیّر مجازی D_{ij}

برای دریافت اثر متفاوت زمانی که ناحیه‌ی محلّ سکونت i و ناحیه‌ی محلّ خدمات j یکی است (یعنی $i = j$) ، متغیّر کمکی D_{ij} مورد استفاده قرار گرفته است که علامت آن مثبت بوده و نشان می‌دهد که تمایل افراد برای دریافت خدمات در محلّ سکونت در شهر تهران بیشتر است.

رابطه‌ی ۱۴

$$\begin{cases} D_{ij} = 1 \ , & i = j \\ D_{ij} = 0 \ , & i \neq j \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{اگر} \\ \text{وگرنه} \end{matrix}$$

ب-۲) متغیّر فاصله محل خانه (i) از محل خدمت j ـ (dst_{ij} j)

دسته‌ای از متغیّرها که هم به مبدأ سفر (t) و هم به مقصد سفر (j) وابسته هستند، متغیّرهای مربوط به هزینه‌ی سفر از i به jاست که جانشین آن، فاصله‌ی سفر از مبدأ به مقصد در نظر گرفته‌شده است. همان‌گونه که انتظار می‌رود، مطابق جدول شماره‌ی ۱۲، علامت مقدار ثابت دو متغیّر منفی هستند. در واقع، عامل $Ln(d_{ij})$ به‌گونه‌ای، اضافه عدم مطلوبیّتی را با نرخ کاهنده با افزایش مسافت (d_{ij})، به تابع مطلوبیّت می‌افزاید. بنابراین، هر چه فاصله‌ی محلّ خانه (i) از محلّ خرید خدمات (j) بیشتر باشد، انتظار می‌رود که مطلوبیّت ناحیه‌ی محلّ خرید خدمات jبرای ساکنان ناحیه‌ی i، کمتر باشد. افزایش مسافت بین محلّ خانه و محلّ خرید خدمات با افزایش هزینه‌های ذهنی یا زمانی رفت‌وآمد و همچنین هزینه‌های مالی، به‌صورت کرایه‌بها یا هزینه‌ی استفاده از خودرو شخصی، همراه می‌شود، درنتیجه ساکن در ناحیه‌ی i

Archive of SID

www.SID.ir

عامل مسافت و دوری را به‌صورت عاملی منفی در انتخاب محلّ خرید خدمات در نظر می‌گیرد. به این ترتیب، علامت منفی در متغیّر ردیف دوم و سوم ،$Ln(dst_{ij})$، گویای این مطلب است و نشان می‌دهد که علامت مقدار ثابت متغیّر فاصله، به‌درستی برآوردشده است.

ب-۳) متغیّر مساحت‌های کاربری اداری و تجاری ـ $Ln(comofc_j)$

شهرها با هر نقش و وظیفه‌ای، نمی‌توانند دور از فعّالیّت‌های اداری و تجاری ـ بازرگانی قرار گیرند؛ چراکه حیات اجتماعی و رفع نیاز جمعیّت ساکن در آنها را برطرف می‌کنند. انواع عملکردهای کاربری اداری و فعّالیّت‌های تجاری ـ بازرگانی، برحسب سلسله‌مراتب شهری در مناطق مختلف شهر تهران، سبب جذب سفرهای خدماتی می‌شوند. بنابراین، هر یک از مناطق شهر تهران، به‌سبب برخورداری از سطح کاربری‌های اداری و تجاری، سفرهای خدماتی بیشتری را به خود جذب می‌کنند. به این ترتیب، علامت مثبت مقدار ثابت برآوردشده‌ی متغیّر کاربری اداری و تجاری در ردیف چهارم، نشان‌دهنده‌ی همین امر است. همچنین ماهیّت صعودی تابع لگاریتمی $Ln(comofc_j)$، نشان می‌دهد که با افزایش سطوح کاربری‌های اداری و تجاری در مناطق مختلف شهر تهران، به‌صورت صعودی، مطلوبیّت آن مناطق برای افزایش دریافت خدمات بیشتر می‌شود و حجم سفرهای اداری یا خرید خدمات تجاری نیز افزایش می‌یابد.

ب-٤) متغیّر مساحت کاربری آموزشی – $LN(edc_j)$

هر یک از کاربری‌های آموزشی در سطح مناطق مختلف شهر تهران، تأثیر قابل‌توجّهی بر جذب سفرهای خدماتی اعمال می‌کنند و علامت مثبت مقدار ثابت برآوردشده، متغیّر کاربری آموزشی در ردیف پنجم، نشان‌دهنده‌ی همین امر است. همچنین ماهیّت صعودی تابع لگاریتمی $LN(edc_j)$ نشان می‌دهد که با افزایش سطوح کاربری‌های آموزشی در مناطق مختلف شهر تهران، مطلوبیّت آن مناطق برای افزایش دریافت خدمات آموزشی و درنتیجه، حجم سفرهای آموزشی نیز افزایش یافته است.

ب-۵) متغیّر اختلاف درآمدی دو منطقه‌ی (i) و (j) ـ ($|aco_i - aco_j|$)

دسته‌ای از متغیّرها که هم به مبدأ سفر (i) و هم به مقصد سفر (j) وابسته هستند، یک متغیّر ترکیبی است که در ردیف ششم جدول قرار دارد. واقعیّت آن است که در شرایط وجود گزینه‌های رقیب، به‌طور معمول، دریافت خدمات از جایی انجام می‌شود که با ویژگی‌های خریدار نیز سازگاری داشته باشد. این سازگاری را می‌توان توسّط متغیّر جانشین ($|aco_i - aco_j|$)، وارد تابع مطلوبیّت کرد؛ هرچه سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی (aco) دو ناحیه‌ی i و j به هم نزدیکتر باشند، انتظار می‌رود که ساکنان این دو ناحیه از نظر درآمدی به هم شباهت (سازگاری) بیشتری داشته باشند. نتیجه آنکه درنهایتِ این سازگاری (یعنی اختلاف بین مالکیّت سواری شخصی دو ناحیه برابر صفر باشد) هیچ اثری از j به‌وجود نمی‌آید و هرچه این سازگاری کم شود، علامت منفی ضریب متغیّر ترکیبی $|aco_i - aco_j|$، از مطلوبیّت ناحیه‌ی jبرای ناحیه‌ی i، در مقایسه با دیگر ناحیه‌های رقیب، می‌کاهد.

Archive of SID

www.SID.ir

ب- ٦) متغیّرهای تعداد دانش‌آموزان و دانشجویان در محلّ تحصیل – $Ln(stu_j)$ و $Ln(stur_j)$

با افزایش سطح کاربری‌های آموزشی و آموزش عالی و به‌دنبال آن، افزایش تعداد دانشجویان و دانش‌آموزان مشغول به تحصیل در آن مناطق و به‌ویژه مناطق مرکزی، مقدار جذب سفرهای آموزشی به آنها افزایش می‌یابند که علامت مثبت مقدار ثابت برآوردشده‌ی متغیّرهای تعداد دانش‌آموزان و دانشجویان در محلّ تحصیل در ردیف‌های هفتم و هشتم، نشان‌دهنده‌ی همین امر است. به‌گفته‌ای، بر اساس ماهیّت لگاریتمی تابع با افزایش تعداد دانش‌آموزان و دانشجویان در محلّ تحصیل، تعداد سفرهای آموزشی نیز به‌صورت تصاعدی افزایش می‌یابند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله الگوهای رفتاری سفرهای کار و خدمات ساکنان بیست‌ودو منطقه‌ی شهر تهران، از طریق ساخت و پرداخت مدل‌های کار ـ به ـ خانه و خانه ـ به ـ خدمت، از نوع لوجیت چندجمله‌ای با استفاده از روش بیشینه‌ی درست‌نمایی، طرّاحی و بر اساس متغیّرهای الگوهای مختلف کاربری زمین (مسکونی، تجاری، اداری، آموزشی و ...) و متغیّرهای دیگر مرتبط با فعّالیّت‌های شهری ساخته و پرداخت شدند. در این مطالعه، ضمن توضیح الگوهای رفتاری سفرهای کار و خدمات ساکنان شهر تهران ـ که می‌توانند پیش‌بینی الگوهای آینده را نیز به‌عهده گیرند ـ نشان داده شد افزون‌بر کاربری‌های عمده‌ی زمین‌شهری؛ یعنی آثار مثبت سطوح کاربری‌های مسکونی، اداری، تجاری، آموزشی (آموزشی و آموزش عالی) که بیشترین نقش را به‌صورت لگاریتمی فزاینده در تولید و جذب سفرهای درون‌شهری تهران دارند، متغیّرها و عوامل مهم دیگری که خود به‌طور عمده ناشی از فعّالیّت‌های شهری و به‌دنبال آن، کاربری‌های زمین‌شهری هستند، بر تولید و جذب سفرهای درون‌شهری تهران نیز مؤثّر هستند. ازجمله این عوامل می‌توان به اثر انتخاب منطقه‌ی محلّ سکونت در منطقه‌ی محلّ کار یا انتخاب محلّ سکونت در خارج از منطقه‌ی محلّ کار، اثر مثبت جمعیّت (یا تراکم مسکونی و رشد جمعیّت)، اثر مثبت سطح اشتغال و تعداد شغل‌های موجود منطقه، اثر منفی فاصله‌ی محلّ کار از محلّ سکونت یا محلّ خانه از محلّ دریافت خدمات همگی به‌صورت لگاریتمی، و همچنین اثر منفی قرارگیری محلّ سکونت در محدوده‌ی طرح ترافیک، اثر منفی متوسّط سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی در منطقه‌ی مبدأ یا مقصد، در انتخاب محلّ دریافت خدمات که در حقیقت نشان‌دهنده‌ی متغیّر اختلاف درآمدی دو منطقه (یا شاخص اقتصادی مناطق) است، اثر منفی سرانه‌ی مالکیّت سواری شخصی در منطقه بر انتخاب محلّ سکونت که نشان‌دهنده‌ی سطح رفاهی محلّ سکونت و به‌گفته‌ای نشان‌دهنده‌ی قیمت محلّ سکونت است و آثار مثبت لگاریتمی متغیّرهای تعداد دانش‌آموزان و دانشجویان در محلّ تحصیل اشاره کرد. البتّه متغیّرهای دیگری نیز در مدل‌سازی‌ها مورد استفاده قرار گرفتند که با توجّه به اعتبارسنجی و تحلیل صحّت و دقّت مدل‌های تولیدشده در بازسازی مشاهدات، متغیّرهای کم‌اثرگذارتر یا فاقد معناداری، حذف و متغیّرهای مورد اشاره‌ی فوق، به‌عنوان مؤثّرترین عوامل تأثیرگذار در سفرهای درون‌شهری تهران شناسایی شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1. Amini, B., 2004, **Transportation Engineering Fundamentals**, Barrin Academic Scholars Institute Publications-Arkan, First Edition, Tehran. (*In Persian*)
2. Batacharia, G., Jhonson R., 2004, **Statistical Concepts and Methods,** Translation by Michaeli F, Academic Publication Center, First and Second Volume, Eleventh Edition, Tehran. (*In Persian*)
3. Behbahani, H., Shahi, G., 1995, **Urban Travel Forecasting Methods**, University of Elm Va Sanat Publications, First Edition, Tehran. (*In Persian*)
4. Comprehensive Studies of Transportation and Traffic of Tehran Company, 1994, **Tehran Source - Destination Statistical Results**, No.106-1 Report, Tehran. (*In Persian*)
5. Comprehensive Studies of Transportation and Traffic of Tehran Company, 1995, **Tehran Gateway Survey Results**, No.134 Report, Tehran. (*In Persian*)
6. Comprehensive Studies of Transportation and Traffic of Tehran Company, 1995, **Tehran Source-Destination Completion Statistical Results**, No. 125-31 Report, Tehran. (*In Persian*)
7. Comprehensive Studies of Transportation and Traffic of Tehran Company, 1998, **Land Use Models (Population and Employment Estimation - Medium Term (1390)**, No.202 Report, Tehran. (*In Persian*)
8. Comprehensive Studies of Transportation and Traffic of Tehran Company, 2006, **Studies of Mobility and Transportation and Networks-Master Plan of Tehran**, Tehran. (*In Persian*)
9. Daneshpour, Z., 2003, **Course Booklets Urban Planning Techniques and Models**, School of Architecture and Urban Planning, University of Shahid Beheshti, Tehran. (*In Persian*)
10. Daneshpour, Z., 2008, **An Introduction To Planning Theories with Special Refer to Urban Planning Theories**, First Edition, University of Shahid Beheshti, Tehran. (*In Persian*)
11. Eshghabadi, F., 2012, **Urban Land Use – Transportation Interaction Modeling for Tehran Thesis**, University of Tehran, Tehran. (*In Persian*)
12. Housing and Urban Development Department, 1991, **Maintaining and Organizing Plan of Tehran**, Atak Consulting Engineers, Tehran. (*In Persian*)
13. Housing and Urban Development Department, 2006, **Structural and Strategic Plan of Tehran (Comprehensive Plan)**, Studies and Planning Center of Tehran. (*In Persian*)
14. Kermani, S., 2001, **Regional Economics (Models and Theories)**, First Edition, Samt Publications, Tehran. (*In Persian*)
15. Labbafi, A., 2003, **Transport and Traffic Studies-Tehran Metropolitan Plan**, Studies and Planning Center of Tehran, First Edition, Tehran. (*In Persian*)
16. McFadden, D.L., 1978, **Modelling the Choice of Residential Location in Spatial Interaction Theory and Planning Models,** ed. Anders Karlqvist, North-Holland, Amsterdam.
17. McNally, M. G., 2000, **The Activity-based Approach. In Handbook of Transport Modeling,** ed. David A. Hensher and Kenneth J. Button, Pergamon, Amsterdam.

Archive of SID

www.SID.ir

18. Miller, E.J. 2003, **Microsimulation, in Transportation Systems Planning: Methods and Applications,** Konstadinos G. Goulias, FL: CRC Press, Boca Raton.

19. Oppenheim, N., 2000, **Applied Models in Urban and Regional Analysis**, Translation by Tabibian M, First Edition, Institute of Tehran University Publications and Printing, Tehran. (*In Persian*)

20. Statistical Center of Iran, 1999, **Population and Housing General Census-1996**, Detailed Results of Tehran (22 Regions), Tehran. (*In Persian*)

21. Statistical Center of Iran, 2009, **Population and Housing General Census-2006**, Detailed Results of Tehran (22 Regions), First Edition, Tehran. (*In Persian*)

22. Timmermans, H., 2003, **The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling: How Many More Dreams Before We Wake Up?** 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne.

23. Wegener, M., Fürst, F., 1999, **Land-Use Transport Interaction: State of the Art**, Deliverable 2a of the Project Transland (Integration of Transport and Land Use Planning) of the 4th RTD Framework Programme of the European Commission, Institut für Raumplanung, Universität Dortmund - Fakultät Raumplanung, Dortmund.

24. Ziari K., 2002, **Urban Land use Planning**, First Edition, University of Yazd Publication, Yazd. (*In Persian*)

Archive of SID

www.SID.ir