فراتحلیلی بر حساسیت رفتار سفر (وسیله سفر) نسبت به شکل شهر*

محمود محمدی** ـ محمود قلعه نوئی***
عنایت‌اله میرزایی****

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۰
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۱/۳/۲۸

چکیده

جهان امروز با چالش‌های فراوانی در حوزه جا به جایی از جمله مصرف بالای سوخت، آلودگی هوا، شلوغی خیابان‌ها، کاهش فعالیت فیزیکی، نا امنی عابرین و غیره رو به رو بوده که بسیاری از آن‌ها ناشی از وابستگی به اتومبیل و در نتیجه شکل‌های شهری خودرو مدار می‌باشد. در همین راستا، مطالعات تجربی فردی فراوانی در کشورهای مختلف صورت گرفته است. اگرچه در غالب این مطالعات فرضیه تقاضای سفر با تأکید بر شرایط و گزینه‌های متفاوت موجود، چارچوبی برای تحلیل رفتارهای سفر بوده است که بر اساس آن سفر به منظور یک هدف و رسیدن به یک مقصد انجام می‌گیرد و خود یک هدف نمی‌باشد (مانند سفر تفریحی). اما مطالعات مذکور با اهداف و رویه‌های متفاوت در واکاوی روابط شکل شهر و رفتار سفر صورت گرفته و به نتایج متفاوت ـ و غیر قابل تعمیمی ـ دست یافته‌اند. تحقیق حاضر با روشی توصیفی ـ تحلیلی ابتدا با مروری گسترده بر مطالعات تجربی به بررسی ابعاد موضوع تحقیق پرداخته سپس با استفاده از روش فراتحلیل (متا آنالیز) و محاسبه الاستیسیته وزنی میانگین (میزان حساسیت) به واکاوی، ترکیب و تعمیم نتایج مطالعات فردی صورت گرفته در زمینه شکل شهر و رفتار سفر (وسیله سفر) پرداخته است. مهم‌ترین یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که «تراکم جمعیتی»، «فاصله تا مغازه» و «تراکم تقاطع» تأثیر (مثبت) بیشتر و تعمیم‌پذیرتری بر پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری دارد و «تراکم جمعیتی»، «درصد تقاطع‌های چهارراه» و «فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه» نیز تأثیر بیشتری بر استفاده از حمل و نقل همگانی دارد. همچنین می‌توان گفت؛ «تراکم جمعیت» و دو شاخص «تراکم ناخالص مسکونی و اشتغال» و «ترکیب کاربری‌ها» در سطح معنی‌داری $p < .001$ بر استفاده از اتومبیل تأثیر منفی دارد.

واژگان کلیدی: شکل شهر، رفتار سفر، فراتحلیل، الاستیسیته.

* این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده سوم با عنوان «تحلیل تأثیر شکل شهر بر رفتار سفر غیرکاری شهروندان اصفهانی» به راهنمایی آقای دکتر محمود محمدی و مشاوره آقای دکتر محمود قلعه نوئی در دانشگاه هنر اصفهان می‌باشد.

** استادیار شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.
*** استادیار شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.
**** دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
Email: Enayat.mirzaei@yahoo.com

مقدمه

شهرنشینی پس از انقلاب صنعتی به صورت بی‌سابقه‌ای رو به گسترش بوده و به افزایش تراکم در داخل نواحی شهری، رشد کالبدی فزاینده و خارج از کنترل و پیدایش جوامع محلی پراکنده و با فاصله از مراکز شهری منجر شده است. در نتیجه این گسترش، بسیاری از شهرها به ویژه کلان شهرها با چالش‌های فراوانی در حوزه جا به جایی و حمل و نقل رو به رو شده‌اند. به طور کلی برخی از این مشکلات را می‌توان مصرف بالای سوخت، آلودگی هوا، ترافیک و شلوغی خیابان‌ها،کاهش فعالیت فیزیکی شهروندان، ناامنی عابرین پیاده برشمرد که غالباً ناشی از افزایش وابستگی به اتومبیل بوده و ریشه و علل اصلی آن را می‌توان در ضعف روابط بین کاربری زمین و حمل و نقل یا به عبارت دیگر شکل شهری پیاده‌گریز و تشویق‌کننده سفرهای موتوری جستجو کرد. در پاسخ به مشکلات فوق، جنبش‌ها و نظریه‌های فراوانی از جمله جنبش نوشهرسازی، شهر فشرده، شهر سبز، رشد هوشمند، شهر قابل زندگی و موارد بسیار دیگری مطرح شده است. در این میان، جنبش نوشهرسازی و نظریات وابسته به آن از جمله «طراحی سنتی یا نو سنتی‌سازی»[۱]، «پدسترین پاکت»[۲] و «توسعه حمل و نقل محور»[۳] و راهبرد رشد هوشمند[۴] مهم‌ترین واکنش‌ها در برابر پراکندگی و خودرومداری شهرهای امروزی بوده است. تمامی این نظریه‌ها تلاش داشته‌اند با تدوین اصول و راهکارهایی ـ در سطوح و مقیاس مختلف ـ از جمله پیاده‌مداری، ترکیب و تنوع کاربری‌ها، افزایش تراکم، پیوستگی خیابان‌ها، تقویت حمل و نقل عمومی و افزایش دسترسی به آن، به محله‌هایی قابل زیست، پیاده‌مدار و حمل و نقل همگانی مدار دست یابند.

بر پایه دیدگاه‌های نظری فوق، حجم قابل توجهی از مطالعات تجربی در واکاوی روابط بین شکل شهر و رفتار سفر صورت گرفته است که مقاله حاضر نیز محور اصلی خود را بر تحلیل و تعمیم نتایج آن‌ها متمرکز کرده است. اما در این باره مشکل از آنجا ناشی می‌شود که این مطالعات غالباً با اهداف، سطح جزئیات داده‌ها، روش‌های تحلیلی، مقیاس‌های مختلف و غیره انجام شده و نتایج آن‌ها نیز مشابه و بعضاً متناقض می‌باشد. بنابر همین اختلافات، درک نتایج کلی از چگونگی تأثیر (میزان تأثیر، علامت تأثیر در سطوح معنی‌دار آماری) متغیرهای شکل شهری بر مؤلفه‌های رفتاری سفر ممکن نمی‌باشد. به عبارتی دیگر نمی‌توان میزان تأثیرات منتج از این تحقیقات را تعمیم داده و به نتایجی قابل استناد دست یافت. لذا هدف تحقیق حاضر، واکاوی مطالعات تجربی صورت گرفته و مطالعه عمیق ادبیات و ابعاد موضوع به منظور دستیابی به نتایجی قابل تعمیم و کمّی از این مطالعات و پاسخگویی به سوالاتی از این قبیل می‌باشد: چگونه می‌توان نتایج متفاوت مطالعات تجربی را ترکیب و تفسیر کرد؟ میزان تأثیر هر کدام از متغیرهای شکل شهری بر رفتار سفر به چه اندازه است؟ کدام یک از شاخص‌های شکل شهری تأثیر معنی‌دارتر و قابل تعمیم‌تری بر رفتار سفر دارد؟ روش تحقیق حاضر توصیفی ـ تحلیلی مبتنی بر پژوهش‌های نظری و مطالعات تجربی صورت گرفته در زمینه شکل شهر و رفتار سفر از دهه‌های اخیر تا کنون می‌باشد. به طور کلی ساختار مقاله حاضر دارای سه بخش اساسی بوده که در بخش اول و دوم با روشی توصیفی ابتدا مروری بر ادبیات موضوع تحقیق شده سپس ابعاد مختلف آن بررسی شده است. در بخش آخر نیز با نگاهی تحلیلی و با استفاده از روش متا آنالیز[۵] (فراتحلیل) و به کارگیری دو معیار الاستیسیته[۶] (میزان حساسیت) وزنی و علامت تأثیر در سطح معنی‌داری $P < .001$، نتایج آماری مطالعات ترکیب و قابل تعمیم شده است.

۱. پیشینه تحقیق

روابط شکل شهر و رفتار سفر به دلیل ماهیت پیچیده خود دارای ابعاد وسیعی است که تاکنون در کمتر مطالعه‌ای به صورت جامع به بررسی همه ابعاد موضوع (اهداف، مدل‌ها، روش‌ها، متغیرها، شاخص‌ها) و دسته‌بندی آن‌ها پرداخته شده است. لذا در بخش‌های اول تحقیق تلاش شده است با دیدی جامع ادبیات و ابعاد موضوع معرفی شوند. در ارتباط با استفاده از روش فراتحلیل در زمینه برنامه‌ریزی نیز می‌توان به ۵ مورد اشاره کرد. اما از آنجایی که سه مورد اول از نظر هدف و روش، متفاوت با موضوع تحقیق بوده تنها به آن‌ها اشاره می‌شود و به سایر موارد با تفصیل بیشتری پرداخته می‌شود. بارتولومو و اوینگ[۷] (۲۰۰۸) سناریوهای مختلف را برای محاسبه تأثیر تغییرات کاربری زمین بر انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل و نقل تحلیل کرده‌اند. باتن و کر[۸] (۱۹۹۶) تأثیر طرح‌های محدودیت ترافیک شهری را بر سطح ازدحام بررسی کرده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر نیز با استفاده از این روش تأثیر ایستگاه مترو را بر ارزش املاک تجاری و مسکونی تحلیل کرده‌اند (Debrezion et al., 2003). سه مطالعه دیگر که مشخصاً در ارتباط با موضوع تحقیق بوده با تفاوت‌هایی روش فرا تحلیل را برای تجزیه، تحلیل و ترکیب نتایج مطالعات پیشین به کار گرفته‌اند. اوینگ و سرورو (۲۰۰۱) به دو گونه نتایج مطالعات تجربی پیشین را تحلیل کرده‌اند. آن‌ها ابتدا مؤلفه‌های رفتاری سفر از جمله فراوانی سفر، طول سفر، وسیله سفر، طول پیموده شده سفر و سفر با اتومبیل را انتخاب کرده سپس نتایج مطالعات صورت گرفته در ارتباط با آن‌ها را استخراج کرده‌اند. پس از استخراج نتایج، برای چهار مؤلفه اول صرفاً به صورت توصیفی و بدون استفاده از یک معیار مشترک چگونگی تأثیر متغیرهای شکل شهری را توضیح داده‌اند و برای دو مؤلفه آخر از معیار مشترک الاستیسیته استفاده کرده‌اند. نتایج بررسی‌های توصیفی نشان می‌دهد؛ عمدتاً فراوانی سفر تابعی از متغیرهای اجتماعی ـ اقتصادی، طول سفر تابعی از متغیرهای شکل شهری و انتخاب وسیله سفر تابعی از هر دو متغیر است. نتایج

استفاده از الاستیسیته نیز نشان می‌دهد که دو برابر کردن میزان تراکم، تنوع و طراحی محلی حدوداً به میزان ۵ درصد از طول پیموده شده و احتمال سفر با اتومبیل می‌کاهد. قابل ذکر است؛ در این مطالعه الاستیسیته برای متغیرها ـ نه برای شاخص‌های آن متغیرـ محاسبه شده است که این موضوع نتیجه تعمیم یافته را تا حدودی کلی و مبهم می‌کند (Ewing & Cervero, 2001).

ایشان در مطالعه‌ای دیگر نیز با انتخاب تعداد مطالعات مشابه بیشتر و با تأکید بر طول پیموده شده سفر تحقیق خود را ادامه داده‌اند. آن‌ها در این تحقیق با محاسبه الاستیسیته برای برخی از شاخص‌های شکل شهری به تعمیم نتایج مطالعات صورت گرفته پرداخته و نشان داده‌اند با افزایش میزان برخی از شاخص‌های شکل شهری از جمله تراکم جمعیتی می‌توان طول پیموده شده سفر را کاهش و احتمال استفاده از حمل و نقل غیر موتوری را افزایش داد (Ewing & Cervero, 2010). لک (۲۰۰۶) با کمک روش فراتحلیل نیز به تعمیم نتایج مطالعات انجام شده در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ پرداخته است. وی با انتخاب مطالعات مشابه و تنها با استفاده از علامت تأثیر در سطوح معنی‌داری آماری چگونگی تأثیر متغیرهای شکل شهری (تراکم، تنوع و الگوی معابر) را بر رفتار سفر توضیح داده است. ایشان علامت تأثیر را به تفکیک شاخص انجام داده و در بسیاری از موارد تنها به دو مطالعه بسنده کرده است. نتایج مطالعه وی ارتباط بسیاری از متغیرهای شکل شهری را با مؤلفه‌های رفتار سفر تایید می‌کند (Leck , 2006).

۲. مروری بر ادبیات تحقیق

نخستین بحث‌های جدی در خصوص روابط متقابل حمل و نقل ـ کاربری زمین در کتاب «ترافیک شهری: تابعی از کاربری زمین» در سال ۱۹۵۴ ظاهر شد. در این کتاب، مدل‌های تقاضای سفر بر مبنای توزیع جمعیت و اشتغال ارائه شده بودند. سی سال بعد، امکان‌سنجی افزایش استفاده از حمل و نقل عمومی با مکانیزم تراکم شهری به صورت تجربی مورد آزمون قرار گرفت (Soltani, 2011, p. 14). پس از این مطالعه و تقریباً از دهه ۹۰، تحقیق در زمینه شکل شهر و رفتار سفر به ویژه در کشورهای آمریکای شمالی و اروپا اوج گرفته است. غالب مطالعات انجام گرفته را می‌توان در دو دسته مطالعات مقایسه‌ای و مطالعات تحلیلی دسته‌بندی کرد. در دسته اول دو یا چند محدوده جغرافیایی با شکل‌های شهری متفاوت (جدید یا سنتی، اتومبیل محور یا پیاده‌محور، حومه‌ای یا غیر حومه‌ای و غیره) انتخاب و مقایسه می‌شوند. در این مطالعات تلاشی برای مجزا کردن تأثیر هر یک از متغیرهای کاربری زمین یا ویژگی‌های طراحی نمی‌شود، زیرا عقیده بر آن است که خصوصیات شکل شهری به صورت یک مجموعه بر رفتار سفر تأثیرگذار است و نمی‌توان اثرات هر یک از عناصر را به صورت جداگانه و به آسانی محاسبه کرد. هندی با این رویکرد رابطه بین شکل شهر و رفتار سفر را در چهار محله (سنتی و حومه‌ای) در منطقه سانفرانسیسکو مورد آزمون قرار داده و نشان می‌دهد که رفتار ترافیکی بین محله‌ای بارزتر از درون محله‌ای بوده و فراوانی سفرهای پیاده به مغازه‌ها در محله‌های سنتی نیز بیشتر از محله‌های حومه‌ای است (Handy, 1993). فریدمن[۹] و دیگر همکاران (۱۹۹۴) نیز در منطقه سانفرانسیسکو و با مطالعه ۱۳ محله با سبک سنتی و حومه‌ای مرسوم اظهار کرده‌اند در محلات سنتی، فراوانی سفر پایین‌تر و سهم سفرهای پیاده، دوچرخه و حمل و نقل عمومی بیشتر از محله‌های حومه‌ای می‌باشد. رادرفورد و دیگر همکاران (۱۹۹۵) نیز نشان داده‌اند محله‌هایی با اختلاط بیشتر کاربری‌ها، حجم سفر و کیلومتر طی شده (به ازای هر شخص) پایین‌تری نسبت به محله‌های فاقد اختلاط کاربری دارند (Soltani, 2011, p. 33). سرورو و گورهام[۱۰] (۱۹۹۵) با مقایسه حومه‌های حمل و نقل عمومی‌گرا و خودروگرا اظهار کرده‌اند افزایش در سطح تراکم مسکونی منجر به دامنه استفاده از حمل و نقل عمومی می‌شود.

دسته دیگر مطالعات که به نوعی محور تمرکز مقاله حاضر نیز بوده، مطالعات تحلیلی می‌باشند. در این مطالعات تلاش می‌شود اثر جداگانه هر یک از متغیرهای شکل شهری (عموماً الگوی کاربری زمین، شبکه‌های حمل و نقل و ویژگی‌های طراحی شهری) بر رفتار سفر افراد از طریق مطالعه روابط همبستگی یا علت ـ معلولی دوگانه یا چندگانه محاسبه شود. مطالعات زیادی با این رویکرد انجام گرفته که در زیر به برخی از آن‌ها به اختصار اشاره می‌شود. نتایج بسیاری دیگر از این دسته از مطالعات نیز در بحث فراتحلیل استفاده شده است.[۱۱]

در مطالعه‌ای که توسط هالتزکلاو[۱۲] (۱۹۹۴) در ایالت سانفرانسیسکو روی ۲۸ واحد همسایگی در چهار شهر انجام شد. نتایج نشان داد که تراکم مسکونی مهم‌ترین متغیر توضیح‌دهنده تغییرات متغیرهای وابستگی به اتومبیل است؛ به طوری که دو برابر کردن سطح تراکم مسکونی، موجب کاهش ۲۵ تا ۳۰ درصدی در استفاده از اتومبیل شخصی برای هر خانوار می‌شود.

مطالعه فرانک[۱۳] و پیوو[۱۴] (۱۹۹۴) نشان داده که کاربری مختلط اراضی و پیاده‌روی با هم مرتبط بوده و سرورو[۱۵] (۱۹۹۶) با تحلیلی قوی‌تر و کنترل شده از این نظریه حمایت می‌کند. سرورو و کاکلمن[۱۶] (۱۹۹۷) با تمایز بین تراکم، تنوع کاربری اراضی و ابعاد طراحی شهری، به این نتیجه دست یافته‌اند که هر سه عامل فوق به طور قابل ملاحظه‌ای نرخ سفرها را کاهش می‌دهد و از استفاد از خودرو ممانعت می‌نماید. هر چند عمق این تأثیرات در ارتباط با ترکیب کاربری‌ها و جنبه‌های طراحی نسبتاً اندک است. نتایج تحقیق سرورو و دونکن[۱۷] (۲۰۰۳) نشان می‌دهد که کاربری مختلط زمین

قدرتمندترین فاکتور طراحی شهری است که بر تمایل ساکنین برای انجام سفرهای پیاده تأثیر می‌گذارد (Moradi masi-hi, 2004, p. 312). اوینگ و سرورو (۲۰۰۱) به محاسبه حساسیت سرانه سفر با اتومبیل نسبت به عوامل مختلف کاربری زمین پرداخته و نشان داده‌اند که دو برابر شدن میزان ترکیب کاربری‌ها به منظور پشتیبانی از شیوه‌های جایگزین حمل و نقل باعث کاهش سرانه سفر با اتومبیل به میزان ۵ درصد می‌شود. در ارتباط با ویژگی‌های طراحی شهری و شبکه معابر، کیتامورا و دیگر همکاران (۱۹۹۷) نشان می‌دهند فراوانی سفر پیاده یا دوچرخه در جایی از محله‌هایی که پیاده‌رو وجود داشته، بیشتر می‌باشد. سرورو و کاکلمن (۱۹۹۷) نیز بیان کرده‌اند در جایی که سهم تقاطع‌های چهارراه بالاتر بوده طول پیموده شده سفر برای سفرهای غیرکاری کمتر است. فرانک و دیگر همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان داده‌اند در مناطقی که اندازه بلوک کوچک‌تر بوده میزان طول پیموده شده و زمان سفر کمتر می‌باشد.

در پایان این بحث می‌توان به یکی از نوشته‌های کن ورثی اشاره کرد که در آن ادعا شده است طی یک دوره زمانی ۲۰ـ۱۰ ساله می‌توان با تغییر در الگوی توسعه، بر رفتار سفر ساکنین تأثیر گذاشت یا به عبارتی دیگر شهرهای امروزی را از الگوی وابستگی به اتومبیل خارج کرد. این سیاست در درازمدت دارای کارآمدی بالاتری نسبت به اصلاحات تکنولوژیک همانند اصلاح موتور احتراق اتومبیل هستند (Kenworthy, 2010, p. 17).

نکته قابل ذکر این است که در تمامی این مطالعات ـ که مورد نظر تحقیق حاضر نیز بوده‌اند ـ هدف تعیین الگوی سفر و مدلسازی آن نبوده بلکه رفتار سفر تک تک افراد تحلیل شده است. الگوی سفر با رفتار سفر متفاوت بوده و به ویژگی‌های کلی سفر، مانند انتخاب وسیله سفر و یا فراوانی سفر در سطح یک شهر یا یک منطقه (با زون‌بندی‌های مختلف) اشاره داشته و غالباً در نظام برنامه‌ریزی حمل و نقل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳. روش تحقیق

۱ـ۳ـ مدل مفهومی

مطالعات انجام گرفته در زمینه شکل شهر و رفتار سفر از محاسبات ساده و استانداردهای مهندسی فاصله گرفته و به مسائلی فراتر از تخمین میزان سفرها می‌پردازند. درحالی که هدف اصلی تحقیقات گذشته، پیش‌بینی جریان سفر در الگوهای کاربری زمین بوده هدف این مطالعات، شناخت تأثیر تغییرات ایجاد شده در شکل شهر بر روی رفتار سفر می‌باشد (Boarnet & Carne, 2001, p. 35).

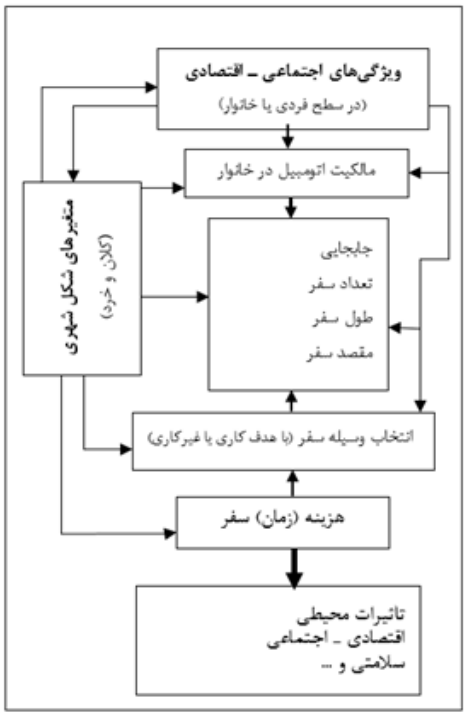
در این مطالعات فرضیه تقاضای سفر[۱۸] با تأکید بر شرایط و گزینه‌های متفاوت موجود، شیوه تحلیل رفتارهای سفر بوده است (Boarnet & Carne, 2001; Handy et al., 2002). در این فرضیه، سفر به عنوان یک تقاضای مشتق[۱۹] شده در نظر گرفته می‌شود بدین معنی که سفر به منظور یک هدف و رسیدن به یک مقصد انجام می‌گیرد و خود یک هدف نمی‌باشد (مانند سفر تفریحی) (Boarnet & Carne, 2001; Handy et. al., 2002).

اگرچه دراین فرضیه چنین فرض می‌شود که افراد به تنهایی یا به نمایندگی از افراد خانواده، براساس ترجیحات، هزینه‌ها و منابع در دسترس، تصمیم به سفر و چگونگی انجام آن می‌گیرند. اما درآن ترجیحات فردی مد نظر قرار نگرفته و تنها چگونگی اتخاذ تصمیم آگاهانه با در نظر گرفتن هزینه‌ها (زمان و هزینه‌های مادی) توضیح داده می‌شود. در این فرضیه عوامل بیرونی (مانند متغیرهای شکل شهری) که فرد قادر به کنترل آن‌ها نبوده نیز بر هزینه‌های سفر و در نتیجه رفتار سفر تأثیرگذار است.

عمدتاً با این طرز تلقی از سفر، مطالعات تجربی در زمینه شکل شهر و رفتار سفر، مدل مفهومی رو به رو را (صورت مستقیم یا غیرمستقیم) به کار گرفته‌اند. این مدل را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از مدل‌ها در نظر گرفت که از مالکیت خودرو (یک تصمیم دراز مدت) تا انتخاب وسیله سفر (یک تصمیم کوتاه مدت) را در برمی‌گیرد (Soltani, 2011, p. 28).

مطالعات انجام گرفته به دلیل در نظر داشتن اهداف مختلف با شرایط و رویه‌های متفاوت انجام گرفته‌اند. با در نظر گرفتن

نمودار ۱: مدل مفهومی ارتباط شکل شهر و رفتار سفر



(Soltani, 2011)

مواردی همچون هدف سفر، مؤلفه سفر، ابعاد شکل شهری، روش‌های تحلیلی، متغیرهای کنترل و سطح جزئیات داده‌ها می‌توان این مطالعات را دسته‌بندی کرد (جدول۱) (Crane, 1996 ; Leck, 2006). همه این عوامل، رویه‌های مؤثری در تشخیص راهبردهای متنوع جهت شناسایی و ارزیابی تأثیر کاربری زمین و طراحی شهری بر رفتار سفر می‌باشند.

جدول ۱: مشخصات و مؤلفه‌های به کار گرفته شده در مطالعات تجربی مختلف

هدف و نوع سفر	متغیرهای رفتاری سفر	متغیرهای شکل شهری	مدل‌ها و رویکردهای واکاوی	متغیرهای کنترل یا توضیح‌دهنده	تکنیک‌های تحلیل	
کاری غیرکاری **** منطقه‌ای محلی	طول پیموده شده سفر زمان پیموده شده سفر فراوانی سفر وسیله سفر مالکیت خودرو زمان سفر مصرف انرژی	تراکم دسترسی طراحی	مدل اقتصاد سنجی ساده مدل تفکیک سفر گسسته **** رویکرد شبیه‌سازی رویکرد کل‌نگر رویکرد جزء نگر رویکرد مدل‌های انتخاب رویکرد فعالیت‌محور	اجتماعی-جمعیتی اقتصادی نگرشی مربوط به جرم آب و هوا مربوط به محل کار دیگر متغیرها	Logistic regression linear regression nonlinear regression ordered probit regression Poisson regression probit regression Tobit regression negative binomial regression seemingly unrelated regression	Copula based switching model generalized estimating equations hierarchical linear modeling multiple discrete continuous extreme value model propensity score matching propensity score stratification simultaneous linear equations

در این قسمت، با توجه به جدول فوق و به فراخور حوصله مقاله به بررسی مهم‌ترین ابعاد روابط شکل شهر و رفتار سفر می‌پردازیم.

۲ـ۳ـ متغیرهای شکل شهری

سه تا از مهم‌ترین متغیرهای شکل شهری تراکم، تنوع و طراحی (تحت عنوان 3Ds) بوده که اولین بار توسط سرورو و کاکلمن (Cervero & Kockelman, 1997) مطرح و به کار گرفته شده‌اند و سپس توسط دیگر محققان نیز به صورت گسترده دنبال شده‌اند (Ewing & Cervero, 2001; Jia Lin & Tsei Yang, 2009; Leck, 2006; Boarnet & Carne, 2001; Handy et al., 2002).

برخی دیگر از محققان از مفهوم قابلیت دسترسی[۲۰] استفاده کرده که به نوعی در برگیرنده متغیر تنوع و دیگر متغیرهای شکل شهری از جمله دسترسی در مقصد[۲۱] و دسترسی به حمل و نقل عمومی[۲۲] می‌باشد (Handy, 1996 b).

۱ـ۲ـ۳ـ تراکم

تراکم براساس جمعیت، فعالیت، ساختمان یا غیره در واحد سطح و برحسب فوت مربع اندازه‌گیری می‌شود. تراکم به نسبت جمعیت در هکتار یا شغل بر مایل مربع نیز گفته می‌شود (Handy et al., 2002; Forsyth et al., 2008 ; Lin & Yang, 2009). در برخی موارد از تراکم مجموع اشتغال و جمعیت استفاده شده است که به آن تراکم فعالیت[۲۳] گفته می‌شود (Ewing & et al., 1996; Pickrel & Schimek, 1999; Naess, 2005). تراکم ساختمانی را نیز نسبت سطح زیربنای ساختمان به مساحت قطعه زمین در نظر می‌گیرند (Jia Lin & Tsei Yang, 2009). تراکم از طریق مکانیزم‌هایی همچون افزایش دسترسی به کاربری زمین و مجاورت مبادی و مقاصد سفر، افزایش گزینه‌های حمل و نقل و تغییر شیوه مطلوب سفر از لحاظ فضایی بر رفتار سفر تأثیر می‌گذارد.

۲ـ۲ـ۳ـ قابلیت دسترسی

قابلیت دسترسی به عنوان شدت احتمال کنش و واکنش تعریف شده است. این مفهوم با الگوی فعالیت‌ها، کمیت و کیفیت آن‌ها ، تنوع و مجاورت آن‌ها و در نهایت پیوستگی بین آن‌ها ـ با استفاده از حمل و نقل عمومی ـ معین می‌شود (Handy, 1996 b ; Badoe & Miller, 2000).

تعریف پایه قابلیت دسترسی بر دو ارتباط مستقیم بین قابلیت دسترسی و سفر دلالت دارد. اول، سطح دسترسی نشانه‌ای از فاصله تا فعالیت‌ها و مقدار هریک از فعالیت‌های موجود در یک مکان می‌باشد. بنابراین یک فرضیه این است که سطح

قابلیت دسترسی با میانگین فاصله سفر در ارتباط می‌باشد. دوم، تعداد بیشتر فعالیت‌ها ممکن است با تنوع فعالیت‌ها و دامنه انتخاب مرتبط باشد. بنابراین دومین فرضیه این است که سطح قابلیت دسترسی با تنوعی در مقاصدکه به وسیله ساکنین انتخاب می‌شود، مرتبط می‌باشد.
علاوه بر این موارد، قابلیت دسترسی می‌تواند به طور غیرمستقیم بر الگوی سفر از حیث فراوانی سفر و وسیله سفر نیز تأثیر بگذارد. ممکن است ساکنین مناطق با دسترسی پایین‌تر نیاز به سفرهای طولانی‌تر را با تعداد سفرهای کمتر جبران کنند، در حالی که ساکنین در مناطق با دسترسی بالاتر سفرهای بیشتری را انجام دهند. بنابراین سومین فرضیه این است که قابلیت دسترسی به طور مثبت با فراوانی سفر مرتبط می‌باشد. علاوه بر این، معمولاً ساکنین مناطق با دسترسی بالا ـ جایی که فواصل تا فعالیت‌ها کمتر است ـ از گزینه پیاده‌روی جهت انجام سفر استفاده می‌کنند. بنابراین فرضیه چهارم این است که قابلیت دسترسی به صورت مثبتی با استفاده از وسیله‌های غیرموتوری سفر مرتبط می‌باشد. البته لزوماً با کاهش سفرها با اتومبیل در ارتباط نمی‌باشد (Handy, 1996 b).
سه متغیر عمده در اندازه‌گیری قابلیت دسترسی، تنوع، دسترسی در مقصد و فاصله تا حمل و نقل عمومی می‌باشند. تنوع به تعداد کاربری‌های مختلف در یک محدوده مشخص مرتبط می‌باشد (Ewing & Cervero, 2010). دسترسی در مقصد نیز با میزان آسانی دستیابی به مقاصد سفر اندازه‌گیری می‌شود (Ewing & Cervero, 2001) و ممکن است محلی یا منطقه‌ای باشد (Handy, 1993). در برخی مطالعات، دسترسی منطقه‌ای، به فاصله تا بخش مرکزی و تجاری شهر گفته شده است (Zegras, 2007) و در برخی دیگر با تعداد شغل‌ها یا مقاصد در یک فاصله زمانی خاص اندازه‌گیری می‌شود (Cervero & Duncan, 2003; Kockelman, 1997). دسترسی محله‌ای نیز عمدتاً با فاصله خانه تا نزدیک‌ترین مغازه اندازه‌گیری می‌شود (Handy, 1993; Handy & Clifton, 2001; Reilly, 2002).

۳ـ۲ـ۳ـ طراحی

با توجه به مطالعات صورت گرفته می‌توان گفت؛ این بعد از شکل شهری، شامل ویژگی‌های شبکه معابر و پیوستگی آن‌ها و عناصر طراحی پیاده‌مدار می‌باشد.
الگوی معابر یا پیوستگی خیابان[۲۴]: الگوی معابر، طراحی یا ترتیب خیابان‌ها و بلوک‌ها و پیوستگی نقاط آن‌ها یا آسانی حرکت بین دو نقطه از آن‌ها می‌باشد (Forsyth et al., 2008 ; Saelens et al., 2003). در برخی موارد گفته شده است؛ هنگامی پیوستگی بین دو نقطه وجود دارد که مسیر مستقیم بین دو نقطه وجود داشته و علاوه بر آن مسیرهای گزینه و قابل دسترس دیگر نیز بین همان دو نقطه تعریف شده باشد (Handy et al., 2002).
عناصر طراحی پیاده‌مدار[۲۵]: علاوه بر موارد فوق، طراحی شامل ویژگی‌های همچون مقیاس انسانی، وجود پیاده‌رو در مقابل بلوک‌ها و کیفیت‌های زیباشناسی نیز می‌باشد (Handy et al., 2002; Cervero & Kockelman, 1997; Ewing & Cervero, 2001). به عبارتی دیگر این عوامل طیفی از عناصر از علائم پیاده در تقاطع‌ها تا لامپ‌ها و درختان در حاشیه خیابان را در برمی‌گیرد. اندازه‌گیری این ابعاد کم‌ترین سهم را در مطالعات گذشته داشته زیرا این داده‌ها غالباً مبهم و غیرقابل دسترس می‌باشند (Forsyth et al., 2008).

۳ـ۳ـ متغیرهای کنترل[۲۶]

بسیاری معتقدند اگر محققان محدوده‌های خود را به درستی انتخاب نکرده و ویژگی‌ها و ترجیحات فردی را کنترل نکنند ممکن است نتایج تحقیق تحت تأثیر این عوامل قرار گرفته و متفاوت از واقعیت نشان داده شود (Lund, 2003; Bhat & Eluru, 2009).
به همین منظور در غالب مطالعات صورت گرفته سعی شده است با روش‌های مختلف تحقیقی این عوامل کنترل شوند. تقریباً همه آن‌ها نیز نشان داده‌اندکه شواهد معنی‌دار آماری بین شکل شهر، رفتار سفر و عوامل کنترل‌کننده وجود دارد (Cao et al., 2009a; Mokhtarian & Cao, 2008).
وضعیت اجتماعی ـ اقتصادی مهم‌ترین متغیرهای توضیح‌دهنده بوده و عمدتاً با به کارگیری رویکرد تحلیلی جزء نگر و استفاده از تکنیک‌های تحلیلی چندگانه رگرسیونی نقش آن‌ها بررسی و کنترل شده است (Moradi masihi, 2004, pp. 311-317).

۴ـ۳ـ مدل‌های پایه در ساختن رابطه بین شکل شهر و رفتار سفر

غالباً مطالعات تجربی در زمینه شکل شهر و رفتار سفر بر مبنای دو مدل پایه‌ای زیر، به توضیح و واکاوی رابطه شکل شهر و رفتار سفر پرداخته‌اند (Boarnet & Carne, 2001; Cervero, 2002; Cervero & Kockelman, 1997; Kockelman, 1997; Crane, 1996; Handy, 1996; Zhang, 2004; Coa, Mokhtarian & Handy, 2009 b; …).

ـ مدل اقتصادسنجی ساده[۲۷]

این مدل بر پایه فرضیه اقتصاد خرد طراحی شده و غالباً در بررسی تعداد سفرها و طول پیموده شده سفر با استفاده از وسیله‌های مختلف (پیاده روی یا ماشین) به کار گرفته شده است. در این دسته از مدل‌ها، سفر به عنوان تابعی از هزینه سفر، درآمد افراد و دیگر ویژگی‌های اقتصادی ـ اجتماعی افراد و همچنین ویژگی‌های شکل شهری تعریف می‌شود (Cervero & Kockelman,1997 ; Handy et al., 2002). این تابع به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$N = F(P,Y,SD,LU) \qquad (1)$$

N = تعداد سفرهای انجام گرفته یا مسافت پیموده شده
P = هزینه سفر (نقدی یا زمان)
Y = درآمد فرد
SD = وضعیت اقتصادی، اجتماعی و جمعیتی افراد
LU = ویژگی‌های شکل شهر

ـ مدل تفکیک سفر گسسته[۲۸]

این مدل نیز از علم اقتصاد خرد وام گرفته شده و با استفاده از چارچوب بیشترین مطلوبیت، مواردی همچون انتخاب مقصد یا وسیله سفر را به صورت گسترده مدل می‌کند. در این چارچوب هر امکان انتخاب از بین مجموعه انتخاب‌ها به مطلوبیت یا مزایای آن برای سفرکننده برمی‌گردد. مطلوبیت هر انتخاب هم به ویژگی‌های مثبت و منفی آن انتخاب، ویژگی‌های تصمیم‌گیرنده و اهمیت نسبی هر کدام بستگی دارد (Handy,1996 b). فرمول این مدل به صورت زیر می‌باشد:

$$pin = \frac{e^{uin}}{\sum_{jejn} e^{ujn}} \quad \text{برای همه j ها در jn و } in=(zin, sn, \beta) \qquad (۲)$$

Pin = احتمال انتخاب آلترناتیو i
Jn = مجموعه‌ای از گزینه‌های برای تصمیم‌گیرنده n
Uin = مطلوبیت گزینه i
Zin = ویژگی‌های گزینه i (شامل متغیرهای شکل شهر)
Sn = ویژگی‌های تصمیم‌گیرنده n (درآمد و مالکیت ماشین)
β = ضرایبی برای ویژگی‌های گزینه‌ها و تصمیم‌گیرنده که بازتاب اهمیت آن‌هاست.

هر دو مدل فوق به صورت کلی به تبیین روابط بین شکل شهر و رفتار سفر پرداخته و غالباً بر سفرهای موتوری تمرکز کرده‌اند. اما بسیاری از محققان با جمع‌آوری داده‌های جزئی‌تر هم در سطح شکل شهر و هم در سطح افراد یا خانوار، این مدل‌ها را در مفهومی گسترده‌تر به کار گرفته و با اهداف خود وفق داده‌اند (Handy & Clifton, 2001; Greenwald & Boarnet, 2002).

۵ـ۳ـ رویکردهای واکاوی روابط شکل شهر و رفتار سفر

به دلیل پیچیدگی عوامل شکل شهری، عوامل اقتصادی ـ اجتماعی و مؤلفه‌های سفر، روش‌های مختلفی جهت واکاوی ارتباط شکل شهر و رفتار سفر استفاده شده است که عمده تفاوت آن‌ها، در تکنیک‌های تحلیلی به کار گرفته شده، می‌باشد (Handy,1996 a). پنج رویکرد پایه عبارتند از:

ـ رویکرد شبیه‌سازی[۲۹]

در این روش یک رابطه مشخص بین شکل شهر و رفتار سفر فرض می‌شود و سپس به کمک همین فرض الزاماتی برای سفر درگزینه‌های مختلف توسعه پیش‌بینی می‌شود (Douglas, 1991; Handy, 1996a).

ـ رویکرد کل‌نگر[۳۰]

مطالعات کل‌نگر به بررسی ویژگی‌های الگوهای کالبدی و ترافیکی شهر یا محله با استفاده از شاخص‌های کلی می‌پردازد و از طریق تجزیه و تحلیل همبستگی و رگرسیون میزان ارتباط ویژگی‌های کالبدی و ترافیکی را به صورت تجربی آزمایش

می‌کند. مقیاس‌های فضایی این رویکرد با مطالعات مهندسی ترافیک سازگار است (Handy, 1996a). اما به دلیل عدم شناسایی اثرات احتمالی تک تک عوامل بر روی سفر شهروندان و همچنین میزان آن مورد انتقاد قرار گرفته است (Gor-don & Richardson ,1997 ; Kitamura et al .,1997).

ـ رویکرد جزء نگر[۳۱]

در رویکرد جزء نگر برخلاف رویکرد کل‌نگر، رفتار جمعی سفرکنندگان در یک حوزه جغرافیایی بررسی نمی‌شود بلکه، رفتار ترافیکی فرد فرد سفرکنندگان مورد بررسی قرار می‌گیرد. این رویکرد تحلیل بهتری از انتخاب‌های فردی در رفتار سفر دارد و به بررسی اثرات عناصر کالبدی بر این انتخاب‌ها می‌پردازد (Handy, 1996 a).

ـ رویکرد مدل‌های انتخاب[۳۲]

مدل‌های انتخاب سفر این احتمال را که یک فرد گزینه خاصی را براساس مطلوبیت[۳۳] آن نسبت به دیگر گزینه‌ها انتخاب می‌کند، پیش‌بینی می‌کند. در این مورد واحد تحلیل افراد یا خانوارها هستند و اساس آن، فرضیه‌های چگونگی تصمیم‌گیری افراد هنگام سفر کردن می‌باشد (Handy, 1996 a). پایه‌های فرضیه این رویکرد از دیگر رویکردها قوی‌تر است و ارتباطات علّی را مستقیماً بررسی می‌کنند (Kitamura & Kermanshah, 1984).

ـ رویکرد فعالیت محور[۳۴]

این تحلیل شیوه‌ای تحقیقی است که طی آن محقق تلاش می‌کند، رفتار سفر را در زمینه‌ای وسیع‌تر از الگوهای رفتاری روزانه و بر اساس مفاهیم آشنا برای مسافران بررسی کند (Jenes et al., 1991). در این رویکرد رفتار پیچیده‌تری از ویژگی‌های اجتماعی ـ اقتصادی و ویژگی‌های سفر تحلیل می‌شود. رویکرد فعالیت محور غالباً به جای تمرکز بر ویژگی‌های خاصی از سفر به تمام الگوهای روزمره (یک سفر کامل) توجه دارد. در این رویکرد همواره روابط بین متغیرها به صورت آماری بررسی نمی‌شوند بلکه ممکن است به صورت کیفی ارزیابی شوند. دراین روش معمولاً شاخص‌های شکل شهری نقش ثانویه را بازی می‌کنند (Handy, 1996 a).

۶ـ۳ـ شاخص‌های اندازه‌گیری

در مطالعات تجربی صورت گرفته شاخص‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری متغیرهای فوق الذکر به کار گرفته شده است. در این قسمت سعی شده است که این شاخص‌ها به صورت جامع معرفی شوند. از آنجایی که تعدادی از این شاخص‌ها با اندکی تغییرات در مطالعات مختلف استفاده شده‌اند ممکن است در برخی موارد با همدیگر همپوشانی داشته باشند.

جدول ۲: شاخص‌های به کار گرفته شده در مطالعات تجربی مختلف

متغیر	شاخص
تراکم	تراکم خانوار ـ تراکم جمعیت ـ تراکم ناخالص جمعیت ـ تراکم جمعیتی در فواصل پیاده‌روی ـ تراکم اشتغال ـ تراکم اشتغال در فواصل پیاده‌روی ـ تراکم شغل خرده‌فروشی ـ تراکم مجموع جمعیت و اشتغال ـ تراکم جمعیت به ازای هر مایل جاده ـ تراکم پلاک ـ تراکم خالص مسکونی ـ تراکم تجاری ـ نسبت مساحت طبقات خرده‌فروشی ـ تعداد مغازه‌های خرده‌فروشی.
قابلیت دسترسی (تنوع، دسترسی در مقصد، دسترسی به حمل و نقل عمومی)	تعادل مسکن و اشتغال ـ عدم تشابه کاربری‌ها ـ ترکیب کاربری‌ها (آنتروپی) ـ ترکیب کاربری در طبقات ـ ترکیب اشتغال (آنتروپی) ـ شدت استفاده از کاربری‌های عمده مختلف در یک جریب توسعه یافته (بافت پر) ـ شدت تجاری در یک جریب توسعه یافته (بافت پر) ـ مجاورت با کاربری‌های تجاری و خرده‌فروشی ـ سهم جمعیتی قرار گرفته در فاصله ۱/۴ مایلی از مغازه ـ فرصت‌های پیاده‌روی در فاصله ۱/۲ مایلی از خانه ـ انواع تجاری در فاصله ۴۰۰ متری ـ فاصله تا مغازه ـ فاصله تا نزدیک‌ترین مغازه خواربارفروشی ـ فاصله تا نزدیک‌ترین کاربری تجاری ـ فاصله تا نزدیک‌ترین مرکز تجاری ـ فاصله تا نزدیک‌ترین پارک ـ درصد هر یک از کاربری‌های عمده (مسکونی، تجاری، صنعتی، غیره) ـ سهم کاربری‌های مختلف در یک بلوک انتخابی ـ درصد کاربری‌های (شبانه، اجتماعی، خرده‌فروشی، صنعتی و خودرو محور و غیره) ـ فاصله تا هر یک از کاربری‌های (خرده‌فروشی، سوپر مارکت، مدارس، نانوایی، بانک، کافی شاپ و غیره). دسترسی به کار با اتومبیل ـ دسترسی به کار با اتوبوس ـ دسترسی به کار با اتومبیل و اتوبوس فاصله تا ایستگاه اتوبوس ـ فاصله تا ایستگاه مترو ـ زمان پیاده‌روی تا ایستگاه حمل و نقل عمومی ـ فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه حمل و نقل عمومی ـ درصد ایستگاه‌ها موجود در فاصله پیاده‌روی ـ تراکم ایستگاه‌های اتوبوس

طراحی	طول بلوک ـ اندازه بلوک ـ تراکم بلوک ـ تراکم تقاطع ـ تعداد بلوک‌های چهاربر ـ تراکم خیابان ـ نرخ تقاطع‌های متصل ـ نرخ گره پیوند ـ الگوی شطرنجی ـ مستقیم بودن مسیر پیاده ـ منطقه مؤثر پیاده‌روی ـ درصد تقاطع‌های چهارراه ـ درصد بن بست‌ها (Cul-De-Sac) ـ میانگین حداکثر سرعت در شریان‌ها ـ میانگین عرض خیابان‌ها ـ میانگین عرض پیاده‌رو ـ نسبت بلوک‌های با پوشش (پیاده‌رو، درخت، چراغ، مسیر دوچرخه و غیره) ـ میانگین تعداد تقاطع‌های کنترل شده با چراغ راهنما ـ میانگین فاصله بین چراغ‌های خیابان ـ میانگین شیب زمین ـ نسبت کاربری تجاری، خرده‌فروشی با وضعیت (پارک حاشیه‌ای ممنوع، پارک حاشیه‌ای مجاز در جلو یا کنار مغازه و غیره)
اجتماعی اقتصادی	در سطح فردی: سن ـ جنس ـ وضعیت اشتغال (تمام وقت یا نیمه وقت) ـ وضعیت گواهینامه رانندگی در سطح خانوار: اندازه خانوار ـ تعداد اعضای زیر ۵ سال (بچه‌ها در مقطع مهدکودک) ـ تعداد اعضای ۵ سال به بالا (اعضای فعال خانوار) ـ مالکیت ماشین (تعداد اتومبیل، کامیون، ون، موتورسیکلت و غیره) ـ درآمد خانوار ـ نحوه مالکیت مسکن (اجاره یا مالکیت)

۴. نتایج فراتحلیل و بحث بر روی آن‌ها

گستردگی مطالعات فردی، تفاوت در متغیرهای وابسته و مستقل، نتایج متفاوت و بعضاً متناقض آن‌ها سبب سردرگمی و عدم درک مشخص از چگونگی ارتباط متغیرهای شکل شهر و مؤلفه رفتاری سفر گردیده است. لذا به منظور خلاصه‌سازی، تحلیل، ترکیب و تعمیم نتایج تجربی آن‌ها روش فراتحلیل (متا آنالیز) به کار گرفته شده است.

اصطلاح فراتحلیل را اولین بار گلاس[۳۵] رئیس انجمن تحقیقات آموزشی آمریکا در سال ۱۹۷۶ به کار برد. در روش فراتحلیل از طریق شکستن اجزاء یک کل، کلی فراتر از کل اولیه حاصل می‌شود. اصل اساسی و عملی در این روش عبارت است از ترکیب نتایج تحقیقات مختلف و استخراج نتایج جدید و منسجم و حذف آنچه موجب سوگیری در نتایج نهایی می‌شود.

مهم‌ترین مزیت فراتحلیل این است که همه تحقیقات موجود درباره یک موضوع خاص را با هم جمع کرده و اشتراکات آن‌ها را پدیدار می‌سازد. علاوه بر این، نتیجه ترکیب نمونه‌ها در یک فراتحلیل ساختار یافته نسبت به یک نمونه به مراتب از قابلیت تعمیم بیشتری برخوردار است. اما این روش معایبی نیز دارد؛ ترکیب کردن مطالعات قوی‌تر با مطالعات ضعیف‌تر ممکن است به نتایج مطالعات قوی‌تر لطمه بزند. فراتحلیل ممکن است به ناچار مطالعات متفاوت و نامتجانس را ترکیب کند. زیرا بین مطالعات از حیث تکنیک‌های مدل کردن، نوع متغیرهای مستقل و وابسته و واحد نمونه‌ها تنوع زیادی وجود دارد. اگر فقط مطالعات مشابه نیز مقایسه شوند اندازه نمونه‌ها کاهش یافته و به اعتبار تحقیق لطمه وارد می‌شود (Ewing & Cervero, 2001). در تحقیق حاضر به منظور اجتناب از مشکل ترکیب مطالعات نامتشابه، صرفاً بر مطالعاتی با سطح داده‌های جزء نگر[۳۶] و با متغیرهای نسبتاً تعریف شده، تمرکز شده است. اما به دلیل کم شدن اندازه نمونه‌ها و در نتیجه کاهش اعتبار فراتحلیل کمتر سعی شده است تا مطالعات قوی و ضعیف از هم تفکیک شوند.

۴ـ۱ـ نمونه مطالعات انتخابی

در فرآیند فراتحلیل صرفاً مطالعاتی به عنوان نمونه مطالعات اولیه جهت ترکیب انتخاب شده‌اند که در موارد زیر با هم مشترک می‌باشند:

۱) همه آن‌ها تأثیر شکل شهر (بیش از یک متغیر مربوط به شکل شهر) را بر رفتار سفر تحلیل کرده‌اند. ۲) همه آن‌ها تأثیر ویژگی‌های شخصی یا خانواری را با استفاده از روش‌های آماری کنترل کرده‌اند. ۳) همه آن‌ها به منظور تعیین میزان اهمیت تأثیرات گوناگون متغیرها از روش‌های آماری استفاده کرده‌اند. ۴) تقریباً همه آن‌ها بر پایه نمونه‌های قابل اندازه‌گیری می‌باشند. ۵) مقیاس نمونه‌ها (محدوده) مورد مطالعه همه آن‌ها تا حدودی مشابه می‌باشد. برای این منظور غالباً نتایج مطالعاتی در فراتحلیل وارد شده که محدوده مورد مطالعه آن‌ها در سطح واحد همسایگی، محله یا ناحیه انتخاب شده است. البته نتایج مطالعاتی که محدوده مورد مطالعه آن‌ها زون‌های ترافیکی بوده اما هدف و مقصد سفر مشترک بوده نیز در فراتحلیل استفاده شده است. بر همین اساس بسیاری از مطالعات به دلایل زیر بررسی نشده است:

۱) بسیاری از مطالعات از داده‌های بسیار کلی[۳۷] در سطح شهر، بخش یا متروپل[۳۸] استفاده کرده‌اند. این مطالعات واریانس را برای متغیرهای وابسته و مستقل محدود کرده‌اند (Hess et al., 1999; Holtzclaw et al., 2002; Kuby et al., 2004; Newman & Kenworthy, 2006). ۲) بسیاری از مطالعات از گروه خاصی از افراد استفاده کرده یا اینکه هدف خاصی از سفر را در نظر گرفته‌اند (مانند سفر دانش آموزان به مدرسه) (Chen & McKnight, 2007; Waygood et al., 2009). ۳) برخی از مطالعات به جای توصیف عینی از شکل شهر به صورت ذهنی به توصیف آن پرداخته‌اند. در این مطالعات به جای اندازه‌گیری متغیرهای شکل شهری با استفاده از روش‌های استاندارد و توسط محقق، از کیفیت‌های درک شده و گزارش شده توسط افراد استفاده شده است (Handy et al., 2005). ۴) تعدادی از مطالعات نیز از متغیرهای دیگر مانند

نوع یا سبک محله (سنتی ـ مدرن یا پیاده مدار ـ خودرومدار) استفاده کرده که در فراتحلیل استفاده نشده‌اند (Bhat & Eluru, 2009; Khattak & Rodriguez, 2005).

۲ـ۴ـ معیار مشترک نمونه‌ها در فراتحلیل

در روش فراتحلیل به منظور ترکیب نتایج مطالعات مختلف به یک مقیاس مشترک از اندازه تأثیر نیاز است. لذا در تحقیق حاضر از دو معیار مشترک، الاستیسیته (میزان حساسیت) و علامت تأثیرگذاری در سطوح معنی‌داری آماری استفاده شده است. به عبارتی دیگر، از آنجایی که در برخی موارد دسترسی، بررسی و محاسبه الاستیسیته متغیرهای وابسته (رفتار سفر) نسبت به متغیرهای شکل شهر ممکن نبوده است از معیار دوم استفاده شده است. این معیار یکی از معیارهای متداول و مؤثر در فراتحلیل می‌باشد (Borenstein et al, 2009, p. 300).

الاستیسیتی درصد تغییر در یک متغیر را نسبت به درصد تغییر متغیر دیگر نشان می‌دهد. الاستیسیتی یک واحد اندازه‌گیری بدون مقیاس می‌باشد که ارتباط بین یک جفت متغیر را اندازه‌گیری می‌کند (Ewing & Cervero, 2001). برای متغیرهای وابسته که به صورت پیوسته اندازه‌گیری می‌شوند (مانند تعداد سفرهای پیاده)؛ زمانی که یک متغیر خاص مستقل (مانند تراکم) به اندازه یک درصد افزایش یابد الاستیسیتی درصد تغییر متغیر وابسته را نشان می‌دهد. در همین شرایط برای متغیرهای وابسته که به صورت طبقه‌ای (مانند انتخاب پیاده‌روی نسبت به دیگر گزینه‌ها) اندازه‌گیری می‌شوند الاستیسیتی به عنوان درصد تغییر در احتمال انتخاب آن گزینه توصیف می‌شود.

جدول ۳ : چگونگی محاسبه الاستیسیتی

الاستیسیتی	مشخصات رگرسیون
$\beta * x/y$	Linear
β	Log-Log
$\beta * x$	Log- Linear
β/y	Linear- Log
$\beta * x (1 - (y/n))$	Logistic
$\beta * x$	Poisson
$\beta * x$	Negative binominal
$\beta * x/y$	Tobit

β ضریب رگرسیون برای متغیر شکل شهری
y میانگین متغیر سفر
x میانگین متغیر شکل شهری

(Ewing & Cervero, 2001)

الاستیسیتی متغیرهای وابسته نسبت به متغیرهای مستقل عمدتاً با استفاده از ضریب رگرسیون و مقدار میانگین متغیرهای تحقیق محاسبه می‌شود. الاستیسیتی با توجه به نوع تکنیک آماری به کار گرفته شده، غالباً با استفاده از یکی از فرمول‌های نشان داده شده در جدول ۳ محاسبه می‌شود. در این تحقیق الاستیسیتی حتی در زمانی که ضریب رگرسیون معنی‌دار نبوده نیز به کار گرفته شده است زیرا رها کردن یا صفر فرض کردن آن‌ها، هر کدام به نوعی مقدار میانگین وزنی الاستیسیتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Melo, Graham & Noland, 2009; Ewing & Cervero, 2001). بر همین اساس، در هر یک از مطالعات که امکان دسترسی و استخراج الاستیسیتی برای متغیرهای وابسته (مؤلفه‌های رفتاری سفر) بوده است از این معیار در تبیین میزان تأثیر استفاده شده است و در دیگر موارد که این امکان وجود نداشته از علامت تأثیر ضریب رگرسیون استفاده شده است.

۱ـ۲ـ۴ـ الاستیسیتی وزنی میانگین[۳۹]

الاستیسیتی وزنی میانگین بر پایه الاستیسیتی مطالعات فردی و تعداد نمونه‌های آن‌ها محاسبه شده است. این معیار رابطه بین متغیرهای شکل شهری و مؤلفه‌های رفتاری سفر را با دیدی جامع‌تر بیان می‌کند. میانگین مذکور با در نظر گرفتن شروطی محاسبه شده است:

۱) حداقل دو نمونه مطالعه وجود داشته باشد که به واکاوی ارتباط حداقل یک جفت متغیر وابسته و مستقل پرداخته باشد (Tompa et al., 2008; Leck, 2006).

۲) شاخص‌های به کار گرفته برای اندازه‌گیری متغیرهای وابسته و مستقل مشابه باشد.

۳) در مطالعات انتخابی از داده‌های جزء نگر در تخمین مدل‌های مورد نظر استفاده شده باشد.

گرچه بررسی ارتباط شکل شهر و رفتار سفر یکی از گسترده‌ترین موضوعات تحقیقاتی در برنامه‌ریزی شهری بوده اما تعداد کمی از آن‌ها به دلایل مختلف ـ که برخی از آن‌ها ذکر شد ـ دارای هر سه شرط فوق می‌باشد (Lau et al., 2006).

جدول ۴ : نمونه مطالعات مورد استفاده در روش فراتحلیل

مؤلفه شکل شهری	مؤلفه سفر	تعداد نمونه	محقق (سال)
فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه اتوبوس، تعادل شغل ـ مسکن	پیاده ـ اتوبوس	۴۴۵۶	Bento et al., 2003
تراکم خانوار	پیاده	۲۰	Bhatia, 2004
درصد شطرنجی بودن	اتومبیل	۴۳۲	Boarnet & Sarmiento, 1998
تراکم جمعیت ـ خرده‌فروشی ـ خدمات	اتومبیل	۴۳۲	Boarnet & Sarmiento, 1998
تراکم جمعیت	پیاده	۶۳۶۲	Boarnet et al., 2008
تراکم شغل ـ اندازه بلوک ـ درصد تقاطع‌های چهارراه ـ تراکم تقاطع	پیاده	۱۳۷۰	Boarnet et al., 2009
فاصله تا مغازه	پیاده	۸۳۷	Cao et al., 2006
شغل در محدوده یک مایل	پیاده	۷۸۳۶	Cervero & Duncan, 2003
سهم چهارراه ـ تراکم خالص ـ سهم خرده‌فروشی در یک چهارم مایل	پیاده ـ اتوبوس ـ اتومبیل	۲۸۵۰	Cervero & Kockelman, 1997
تراکم ناخالص جمعیت	اتوبوس	۱۶۳۶	Cervero & Gorham, 1995
ترکیب کاربری‌ها	پیاده ـ اتومبیل ـ اتوبوس	۵۲	Cervero, 1991
آنتروپی ـ نرخ پیاده‌رو ـ تراکم ناخالص جمعیت	اتوبوس ـ اتومبیل	۴۲۷	Cervero, 2002
تراکم جمعیت	اتوبوس	۲۲۵	Cervero, 2006
سهم تقاطع‌های چهاراه	اتوبوس	۷۲۶	Cervero, 2007
ترکیب کاربری‌ها ـ کاربری غیرمسکونی در محدوده ۳۰۰ فوتی ـ تراکم مسکونی	پیاده ـ اتومبیل ـ اتوبوس	۹۸۰۵	Cervero, 1996
تراکم چهارراه ـ فاصله تا مرکز شهر	پیاده	۹۹۹	Chatman, 2009
درصد شطرنجی/ترکیب شطرنجی و بن بست	اتومبیل	۱۳۳۶	Crane & Crepeau, 1998
تراکم جمعیت ـ تراکم شغل ـ تراکم تقاطع ـ شغل در محدوده یک مایل	پیاده ـ اتوبوس	۳۸۲۳	Ewing et al., 2009

تعادل جمعیت و شغل ـ دسترسی به شغل با اتوبوس	پیاده ـ اتوبوس	۳۸۲۳	Ewing et al., 2009
ترکیب کاربری‌ها ـ تراکم اشتغال ـ تراکم جمعیت	اتومبیل ـ اتوبوس	۱۰۰۰	Frank & Pivo, 1995
نرخ طبقات تجاری ـ آنتروپی ـ تراکم تقاطع	سفر پیاده غیرکاری ـ اتوبوس	۱۰۴۷۵	Frank et al., 2008
نرخ طبقات تجاری ـ آنتروپی ـ تراکم تقاطع ـ دسترسی به شغل با اتوبوس ـ فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه اتوبوس	پیاده ـ اتوبوس	۲۶۹۷	Frank et al., 2009
تراکم جمعیت	پیاده غیرکاری	۱۰۸۴	Greenwald & Boarnet, 2001
تراکم شغل ـ تعادل شغل ـ مسکن ـ تراکم تقاطع	پیاده/دوچرخه ـ اتوبوس	۳۹۳۸	Greenwald, 2009
فاصله تا نزدیک‌ترین مغازه	پیاده	۱۳۶۸	Handy & Clifton, 2001
فاصله تا نزدیک‌ترین مغازه	پیاده	۱۴۸۰	Handy et al., 2006
تراکم جمعیت	میزان پیاده روی	۱۲	Hess et al., 1999
اندازه بلوک ـ درصد تقاطع چهارراه	پیاده	۲۱۲۵	Joh et al., 2009
فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه اتوبوس	اتوبوس	۱۴۶۳۹	Kitamura et al., 1997
تراکم جمعیت ـ آنتروپی	پیاده یا دوچرخه	۸۰۵۰	Kockelman, 1997
تراکم شغل ـ تراکم ناخالص مسکونی	پیاده یا دوچرخه ـ اتومبیل	۸۰۵۰	Kockelman, 1997
سهم تقاطع‌های چهاراه	اتوبوس	۹۶۷	Lund et al., 2004
فاصله تا مرکز شهر	پیاده	۱۴۰۶	Naess, 2005
تراکم جمعیت ـ آنتروپی	پیاده ـ اتوبوس	۲۵۰۰	Rajamani et al., 2003
آنتروپی	پیاده	۲۵۰۰	Rajamani et al., 2003
تراکم جمعیت ـ فاصله تا نزدیک‌ترین تجاری	پیاده ـ اتوبوس	۷۶۰۴	Reilly, 2002
تراکم جمعیت	اتوبوس	۴۵۴	Rodriguez & Joo, 2004
تراکم جمعیت	اتومبیل	۱۵۹۱۶	Schimk
تراکم خانوار ـ آنتروپی ـ اندازه بلوک ـ فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه اتوبوس	پیاده ـ اتوبوس	۲۹۳۴	Targa & Clifton, 2005
تراکم جمعیت ـ تراکم شغل ـ آنتروپی	پیاده ـ اتوبوس	۱۶۱۹	Zhang, 2004 (Boston)
تراکم جمعیت ـ تراکم شغل	اتوبوس	۱۵۲۸۱	Zhang, 2004 (Hong Kong)

در نهایت، الاستیسیتی وزنی میانگین برای مطالعاتی که دارای شرایط فوق بوده با کمک اندازه نمونه‌ها و الاستیسیتی مطالعات فردی به صورت زیر محاسبه شده است:

$$\text{میانگین وزنی الاستیسیتی} = \frac{(\text{الاستیسیتی مطالعه } n\text{ام} * \text{اندازه نمونه } n\text{ام}) + \text{غیره} + (\text{الاستیسیتی مطالعه دوم} * \text{اندازه نمونه دوم}) + (\text{الاستیسیتی مطالعه اول} * \text{اندازه نمونه اول})}{(\text{اندازه نمونه } n\text{ام}) + \text{غیره} + (\text{اندازه نمونه دوم}) + (\text{اندازه نمونه اول})}$$

در این فرمول برای محاسبه میانگین وزنی الاستیسیته از اندازه نمونه‌ها به عنوان یک عامل وزن‌دهی استفاده شده است. این روش یک روش مرسوم در فراتحلیل است اما در برخی موارد نیز از خطای معیار برآورد[۴۰] برای محاسبه الاستیسیته

وزنی استفاده می‌شود که در این تحقیق به دلیل عدم دسترسی به خطای معیار برآورد مطالعات اولیه از روش اول استفاده شده است.

در این قسمت میانگین وزنی الاستیسیتی ـ به منظور دستیابی به خروجی دقیق‌تر ـ هم برای مطالعاتی که نتایج آن‌ها در سطح آماری معنی‌دار بوده و هم برای مطالعاتی که نتایج آن‌ها معنی‌دار نبوده محاسبه شده است. در نهایت نیز این میزان با کمک اندازه نمونه برای کل مطالعات ـ اعم از معنی‌دار یا نامعنی‌دار ـ محاسبه شده است. پر واضح است نتایج مطالعاتی که در سطح آماری معنی‌دار بوده نسبت به دیگر مطالعات، نشان‌دهنده رابطه مطمئن‌تری بین شاخص‌های شکل شهری و مؤلفه‌های رفتاری سفر می‌باشد.

نتایج مربوط به ترکیب مطالعات فردی که با کمک دو معیار الاستیسیته و علامت تأثیر در سطح معنی‌داری صورت گرفته در قالب سه جدول ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است. در پایان نیز ذکر این نکته ضروری است که نتایج مرتبط با شاخص‌هایی که با تعداد کمتری مطالعات (اندازه نمونه) محاسبه شده‌اند از قابلیت تعمیم کمتری نسبت به دیگر شاخص‌ها برخوردارند.

جدول ۴ : الاستیسیته (یا علامت تأثیر) وسیله غیرموتوری سفر (پیاده‌روی یا دوچرخه) نسبت به متغیرهای شکل شهری

متغیر	شاخص	تعداد کل مطالعات	تعداد نمونه (نامعنی‌دار)	الاستیسیتی	تعداد نمونه معنی‌دار	الاستیسیتی/ سطح معنی‌دار	الاستیسیتی کل/علامت تأثیر
تراکم	تراکم جمعیت	۸	۱۴۳۸۵	۰,۰۱	۱۱۳۴۳	۰,۱۶	۰,۰۷
	تراکم خانوار	۲	۲۹۳۴	۰,۰۳	۲۰	۰,۸۳	۰,۰۴
	تراکم ناخالص مسکونی	۴			۲۱۶۹۳	$p < ۰,۰۱$	مثبت
	تراکم شغل	۶	۱۶۸۴۷	۰,۰۳	۲۹۸۹	۰,۰۸	۰,۰۴
	نرخ طبقات تجاری	۳			۲۱۸۷۹	۰,۰۷	۰,۰۷
قابلیت دسترسی	ترکیب کاربری‌ها (آنتروپی)	۸	۵۳۵۲	۰,۰۶	۳۲۶۶۶	۰,۱۶	۰,۱۵
	تعادل شغل ـ مسکن	۳	۱۱۶۹۹	۰,۱۵			۰,۱۵
	فاصله تا مغازه	۴			۱۱۲۸۹	۰,۲۳	۰,۲۳
	شغل در محدوده یک مایل	۲	۷۸۳۶	۰,۰۴	۳۸۲۳	۰,۲۳	۰,۱۰
	فاصله تا مرکز شهر	۲	۹۹۹	۴,۰۰	۱۴۰۶	۰,۲۹	۱,۸۳
	فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه	۳			۲۲۰۲۹	۰,۱۴	۰,۱۴
	ترکیب کاربری‌ها	۳			۱۸۶۴۱	$p < ۰,۰۱$	مثبت
طراحی	تراکم تقاطع	۶			۳۰۶۳۹	۰,۴۱	۰,۴۱
	درصد تقاطع چهارراه	۴	۹۱۹۵	-۰,۰۸			-۰,۰۸
	اندازه بلوک	۳	۳۴۹۵	-۰,۱۴	۲۹۳۴	-۰,۳۲	-۰,۲۲

جدول ۵ : الاستیسیته (یا علامت تأثیر) استفاده از اتوبوس نسبت به متغیرهای شکل شهری

متغیر	شاخص	تعداد کل مطالعات	تعداد نمونه (نامعنی‌دار)	الاستیسیتی	تعداد نمونه معنی‌دار	الاستیسیتی/ سطح معنی‌دار	الاستیسیتی کل/علامت تأثیر
تراکم	تراکم جمعیت	۹	۲۷۱۱۴	۰,۰۱	۲۵۷۹۲	۰,۰۸	۰,۰۴
	تراکم شغل	۵	۲۰۱۴۰	۰,۰۲	۲۱۸۶۵	۰,۰۲	۰,۰۲
	نرخ طبقات تجاری	۲			۱۹۱۸۲	۰,۱۹	۰,۱۹
	تراکم ناخالص مسکونی	۶			۳۵۱۳۹	$p < ۰,۰۱$	مثبت
قابلیت دسترسی	ترکیب کاربری‌ها (آنتروپی)	۶	۱۵۶۳۰	۰,۱۳	۹۱۳۴	۰,۱۱	۰,۱۲
	ترکیب کاربری‌ها	۵			۱۸۲۸۴	$p < ۰,۰۱$	مثبت
	تعادل شغل ـ مسکن	۲	۴۴۵۶	۰,۶	۳۹۳۸	۰,۲۳	۰,۴۳
	دسترسی به شغل با اتوبوس	۲			۶۵۲۰	۰,۲۴	۰,۲۴
	فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه	۳	۷۱۵۳	۰,۶۳	۱۴۶۳۹	۰,۱۳	۰,۲۹
طراحی	تراکم تقاطع	۴	۱۳۱۷۲	۰,۲۲	۱۲۶۴۵	۰,۱۳	۰,۲۳
	درصد تقاطع چهارراه	۴	۳۸۱۴	۰,۲۸	۹۶۷	۰,۲۵	۰,۴۴
	پیوستگی خیابان	۲	۲۶۵۵	۰,۰۶			۰,۰۶

جدول۶ : الاستیسیته (یا علامت تأثیر) استفاده از اتومبیل نسبت به متغیرهای شکل شهری

متغیر	شاخص	تعداد کل مطالعات	تعداد نمونه (نامعنی‌دار)	الاستیسیتی	تعداد نمونه معنی‌دار	الاستیسیتی/ سطح معنی‌دار	الاستیسیتی کل/علامت تأثیر
تراکم	تراکم جمعیت	۶			۴۱۲۶۵	- ۰,۰۵۸	-۰,۰۵۸
	تراکم شغل	۲			۹۰۵۰	- ۰,۰۰۶	-۰,۰۰۶
	تراکم جمعیت/مسکونی ناخالص	۴			۷۳۲۹۶	$p < ۰,۰۱$	منفی
	تراکم ناخالص اشتغال	۳			۵۳۶۵۰	$p < ۰,۰۱$	منفی
	تراکم ناخالص اشتغال	۲			۲۰۰۰	$p < ۰,۰۵$	منفی
قابلیت دسترسی	ترکیب کاربری‌ها	۲			۱۰۷۱۹	- ۰,۰۱۱	-۰,۰۱۱
	ترکیب کاربری‌ها	۳			۱۰۸۷۵	$p < ۰,۰۱$	منفی
	دسترسی به شغل	۲			۸۰۸۵	- ۰,۰۳	- ۰,۰۳
طراحی	وجود پیاده‌رو	۲			۱۴۶۳۹	- ۰,۱۴	- ۰,۱۴
	تراکم تقاطع/درصد تقاطع چهارراه	۴			۳۶۸۹۷	- ۰,۰۵	- ۰,۰۵
	درصد شطرنجی بودن	۳			۳۰۲۵	$p < ۰,۰۱$	مثبت

در ابتدا مطالعه بر روی شاخص‌های زیادی از شکل شهری انجام گرفت تا چگونگی تأثیر آن‌ها بر وسیله سفر بررسی شود. اما در نهایت با توجه به فرآیند فراتحلیل تنها حدود ۲۱ شاخص شکل شهری انتخاب و میزان الاستیسیته آن‌ها ترکیب شد. در این میان الاستیسیته وزنی میانگین برخی از آن‌ها با ترکیب مطالعات بیشتر و برخی دیگر با حداقل مطالعات (۲ مورد) محاسبه شده است. که نتایج آن‌ها از قابلیت تعمیم کمتری برخوردار است.

به هر حال نتایج نشان می‌دهد؛ بیشترین میزان الاستیسیته وزنی میانگین در بین همه شاخص‌های شکل شهری و برای

هر سه وسیله سفر ۱,۸۳ و کمترین میزان آن ۰,۰۰۶ می‌باشد. از حیث تعداد شاخص‌های شکل شهری نیز می‌توان گفت؛ شاخص‌های مرتبط با قابلیت دسترسی حضور بیشتری در خروجی فراتحلیل دارند که نشان از اهمیت این شاخص‌ها در مطالعات فردی صورت گرفته دارد.

در این بخش بر مبنای هر سه جدول فوق که خروجی نهایی روش فراتحلیل و نشان‌دهنده ترکیب نتایج مطالعات اولیه (با کمک دو معیار الاستیسیتی و علامت تأثیر) بوده، به بحث در ارتباط با مهم‌ترین نتایج تحقیق به تفکیک هر سه وسیله سفر پرداخته می‌شود.

با نگاهی به جدول ۴ مشخص می‌گردد که قابلیت دسترسی هم از حیث اندازه تأثیر و هم از حیث تعداد شاخص‌ها، تأثیر بیشتری بر استفاده از پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری دارد. چنانکه در این جدول آمده است؛ پیاده‌روی و یا استفاده از دوچرخه بیشترین حساسیت را به میزان ۱,۸۳ نسبت به فاصله تا مرکز شهر دارد. این موضوع گرچه کاملاً منطقی به نظر می‌رسد اما چون از تعداد کمتری نمونه مطالعاتی حاصل شده به نوعی از قابلیت تعمیم کمتری برخوردار است. پس از فاصله تا مرکز شهر بیشترین میزان تأثیر در بین شاخص‌های مرتبط با جنبه طراحی شکل شهری دیده می‌شود. اندازه الاستیسیته وزنی میانگین تراکم تقاطع که از ترکیب ۶ مطالعه محاسبه شده به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از دیگر شاخص‌ها می‌باشد. این عدد نشان می‌دهد با افزایش یک درصدی تراکم تقاطع‌ها در سطح محدوده مورد مطالعه، احتمال استفاده از پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری به میزان ۰,۴۱ درصد افزایش می‌یابد. در دیدگاه‌ها و فرضیه‌های نظری نیز چنین رابطه‌ای تأیید شده است، زیرا با افزایش تراکم تقاطع‌ها میزان پیوستگی شبکه معابر افزایش یافته در نتیجه تعداد امکان‌های بالقوه انتخاب مسیر برای عابرین افزایش پیدا می‌کند. علاوه بر شاخص تراکم تقاطع یکی دیگر از شاخص‌های مؤثر جنبه طراحی اندازه بلوک بوده که به صورت منفی با پیاده‌روی در ارتباط می‌باشد. این شاخص نیز با تراکم تقاطع بی‌ارتباط نبوده زیرا عموماً افزایش تعداد تقاطع‌ها منجر به کوچک شدن اندازه بلوک‌ها می‌شود. پس از شاخص‌های جنبه طراحی، فاصله تا نزدیک‌ترین مغازه ارتباط قوی با سفر پیاده دارد. این شاخص نیز از قابلیت تعمیم مناسبی برخوردار بوده و در اکثر مطالعات به کار گرفته شده است زیرا بسیاری از سفرهای روزانه جهت خرید از یک مغازه محلی انجام می‌گیرد. ترکیب یا اختلاط کاربری‌ها یکی دیگر از پر کاربردترین شاخص‌های شکل شهری در مطالعات مختلف می‌باشدکه میزان الاستیسیته آن برای پیاده‌روی ۰,۱۵ می‌باشد. اندازه تأثیر این شاخص در میانه جدول قرار داشته و پایین‌تر بودن آن نسبت به شاخص‌های طراحی از نکات قابل توجه می‌باشد.

شاخص‌های مرتبط با تراکم از جمله تراکم جمعیتی، تراکم خانوار، تراکم شغل و غیره نسبت به شاخص‌های قابلیت دسترسی و طراحی از رابطه ضعیف‌تری با پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری برخوردار بوده اما به دلیل ترکیب اندازه نمونه‌های بیشتر از قابلیت تعمیم بالاتری برخوردارند. علاوه بر موارد فوق و همانطور که در جدول آمده است. دو شاخص«تراکم ناخالص مسکونی» و «ترکیب کاربری‌ها» نیز در سطح معنی‌داری $p < ۰,۰۱$ با پیاده‌روی ارتباط مثبت دارند.

جدول ۵ ـ در ارتباط با استفاده از اتوبوس ـ نشان می‌دهد؛ از بین همه شاخص‌های شکل شهری، درصد تقاطع‌های چهارراه، تعادل شغل ـ مسکن و فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه اتوبوس به ترتیب بیشترین تأثیر را بر استفاده از حمل و نقل عمومی دارا می‌باشند. تراکم جمعیتی نیز اگرچه دارای رابطه ضعیف‌تری بوده اما از بیشترین قابلیت تعمیم برخوردار می‌باشد.

میزان تأثیر درصد تقاطع‌های چهارراه نیز مانند جدول قبل از نکات قابل توجه می‌باشد. زیرا این شاخص بیشتر از سایر شاخص‌ها و حتی شاخص پیوستگی خیابان‌ها، بر استفاده از اتوبوس تأثیرگذار است. درصد بالای تقاطع با افزایش پیوستگی خیابان‌ها فواصل دسترسی را کاهش داده و مسیرهای گزینه بیشتری را هم برای اتوبوس و هم برای استفاده‌کنندگان فراهم می‌کند. از بین شاخص‌های قابلیت دسترسی نیز تعادل شغل ـ مسکن و پس از آن فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه ارتباط قوی‌تری با استفاده از اتوبوس دارند. افزایش تعادل بین مسکن و شغل، فاصله بین محل کار و سکونت را کاسته و استفاده از اتوبوس را به ویژه برای سفرهای کاری منطقی می‌کند. زندگی در نزدیک ایستگاه اتوبوس و در فاصله‌ای کمتر از ۴۰۰ متر نیز افراد را به استفاده از اتوبوس تشویق می‌کند. علاوه بر این موارد، دسترسی به شغل به وسیله اتوبوس و ترکیب کاربری‌ها نیز با استفاده از اتوبوس رابطه مثبت برقرار می‌سازند. زیرا افزایش اختلاط کاربری‌ها سبب حمایت و افزایش کارایی ایستگاه‌های میانی مسیرهای اتوبوس می‌شود. همانند رابطه تراکم با پیاده‌روی، این متغیر و شاخص‌های مرتبط با آن نیز رابطه نسبتاً ضعیف‌تری با اتوبوس دارند. علاوه بر نتایج محاسبه الاستیسیته که ذکر آن‌ها رفت، دو شاخص تراکم ناخالص مسکونی و ترکیب کاربری‌ها نیز در سطح معنی‌داری $p < ۰,۰۱$ با میزان استفاده از اتوبوس رابطه مثبت دارند.

در ارتباط با استفاده از اتومبیل نیز می‌توان گفت؛ علاوه بر اینکه تعداد مطالعات کمتری به طور مشخص به بررسی تأثیر ویژگی‌های شکل شهری بر این وسیله پرداخته است. در بسیاری از موارد نیز معیار الاستیسیته محاسبه نشده است. به همین دلیل در فراتحلیل از مطالعات کمتری استفاده شده و غالباً معیار علامت تأثیر در سطح معنی‌داری جهت ترکیب نتایج به کار گرفته شده است. به هر حال ترکیب نتایج در این زمینه نشان می‌دهد؛ اکثر شاخص‌های شکل شهری که با پیاده‌روی و اتوبوس رابطه مثبت دارند با استفاده از اتومبیل رابطه منفی دارند. در میان این شاخص‌ها وجود پیاده‌رو و

تراکم جمعیتی رابطه قوی‌تری داشته به طوری که با افزایش یک درصدی حضور پیاده‌رو احتمال استفاده از اتومبیل به میزان ۰,۱۴ درصد کاهش می‌یابد. تراکم جمعیتی که در موارد گذشته تأثیر ضعیف‌تری داشته، در ارتباط با استفاده از اتومبیل از رابطه نسبتاً قوی‌تری برخوردار است. علاوه بر نتایج محاسبه الاستیسیته می‌توان گفت؛ تراکم جمعیت، تراکم ناخالص اشتغال و ترکیب کاربری‌ها در سطح معنی‌داری آماری بر استفاده از اتومبیل تأثیر منفی و درصد شطرنجی بودن تأثیر مثبت می‌باشد.

۵. جمع‌بندی

کرن (Carne, 1996) بیان می‌کند افراد تحت تأثیر یک انتخاب عقلایی تصمیم به سفر با استفاده از وسایل مختلف می‌گیرند. به عبارت دیگر افراد با در نظر گرفتن محدودیت‌های بودجه‌ای خود به نحوی سفرهای خود را انجام می‌دهند تا منفعت (مطلوبیت) خود را به حداکثر برسانند. بورانت و کرن (Boarnet & Carne, 2001) نیز هزینه سفر را یک هزینه عمومی تلقی می‌کنند که می‌تواند به وسیله شکل شهری تحت تأثیر قرار گیرد. با این دیدگاه، مطالعات تجربی فراوانی در زمینه چگونگی تأثیر متغیرهای شکل شهری بر رفتار سفر انجام گرفته که مقاله حاضر دو نگاه اساسی به این مطالعات داشته است. به طور کلی می‌توان گفت؛ حاصل این دو نگاه در دو بخش به هم پیوسته ارائه شده است. در بخش اول، ابعاد و جوانب گوناگون موضوع تحقیق از جمله مدل مفهومی، متغیرهای شکل شهری (به عنوان متغیرهای مستقل) و رویکردهای واکاوی ارتباط شکل شهر و رفتار سفر به تفصیل توضیح داده شده‌اند. تراکم، قابلیت دسترسی و طراحی مهم‌ترین متغیرهای شکل شهری و رویکردهای کل‌نگر و جزء نگر مهم‌ترین رویکردهای واکاوی ارتباط شکل شهر و رفتار سفر می‌باشند. این بخش به محققانی که با انجام اینگونه تحقیقات قصد تعیین مکانیسم‌های ریشه‌ای مؤثر بر رفتار سفر را داشته کمک شایانی می‌کند. در بخش دوم و بر مبنای ادبیات و ابعاد موضوع، نتایج مطالعات پیشین ترکیب و قابل تعمیم شده است. این امر با کمک روش فراتحلیل و با استفاده از دو معیار الاستیسیته و علامت تأثیر انجام گرفته است. اگرچه در فراتحلیل محدودیت‌هایی از جمله تعداد کم مطالعات در ترکیب برخی شاخص‌ها، عدم امکان دسترسی به الاستیسیته برخی مطالعات و وجود تفاوت‌هایی ـ هرچند جزئی ـ در مطالعات انتخابی وجود داشته که تا حدودی از اعتبار تحقیق کاسته است؛ اما به جرأت می‌توان گفت نتایج ارزشمند و جامعی در ارتباط با چگونگی تأثیر شکل شهر بر رفتار سفر حاصل شده است.

نتایج حاصل از فراتحلیل نشان از وجود روابط متفاوت و متنوع بین متغیرهای شکل شهر و وسیله سفر دارد. استفاده از پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری بیشترین حساسیت را نسبت به فاصله تا مرکز شهر و پس از آن فاصله تا مغازه داشته است. تراکم تقاطع نیز از بین شاخص‌های جنبه طراحی از رابطه قابل ملاحظه‌ای با استفاده از پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری برخوردار است. شاخص‌های مرتبط با تراکم نیز با قابلیت تعمیم بیشتر، رابطه نسبتاً ضعیف‌تری با پیاده‌روی دارند. در ارتباط با استفاده از اتوبوس، از بین شاخص‌های طراحی، درصد تقاطع‌های چهارراه و تراکم تقاطع و از بین شاخص‌های قابلیت دسترسی، تعادل مسکن ـ شغل و دسترسی به ایستگاه اتوبوس بیشترین تأثیر را دارند. در این مورد نیز غالب شاخص‌های مرتبط با تراکم از رابطه ضعیف‌تری برخوردار بوده و تنها نرخ طبقات تجاری از رابطه قوی‌تری حکایت دارد. استفاده از اتومبیل به عنوان وسیله سفر نیز بیشترین حساسیت را نسبت به وجود پیاده‌رو داشته است، به طوری که با افزایش حضور پیاده‌رو استفاده از اتومبیل کاهش می‌یابد. پس از طراحی، شاخص تراکم جمعیتی قوی‌ترین رابطه منفی را با استفاده از اتومبیل دارد.

پی‌نوشت

1. Traditional Neighborhood Design (TND)
2. Pedestrian Pocket
3. Transit-oriented Development
4. Smart Growth
5. Meta-Analysis
6. Elasticity
7. Bartholomew & Ewing
8. Button & Kerr
9. Friedman
10. Gorham

۱۱. میزان الاستیسیته هر یک از مطالعات فردی در پیوست گردیده است.

12. Haltzclaw
13. Frank
14. Pivo
15. Cervero
16. Kockelman
17. Duncan
18. Travel Demand
19. Derived Demand
20. Accessibility
21. Destination Accessibility
22. Distance to Transit
23. Activity Density
24. Street Pattern or Connectivity
25. Pedestrian-oriented Design Elements
26. Control Factors
27. Simple Econometric Models
28. Discrete Choice Model
29. Simulation Apprroach
30. Aggregate Apprroach
31. Disaggregate Apprroach
32. Choice Model
33. Utility
34. Activity – based
35. Class
36. Disaggregate
37. Aggregate
38. Metropolitan
39. Weighted Average Elasticity
40. Standard Error Estimate

References

- Badoe, D. A., & Miller, E. J. (2000). Transportation-Land-use Interaction. Empirical Findings in North America, and the Implications for Modeling, *Transportation Research D*, 5(4), 235–263.
- Bartholomew, K., & Ewing, R. (2008). Land use-Transportation Scenarios and Future Vehicle Travel and Land Consumption. A Meta-Analysis, *Journal of the American Planning Association,* 75(1), 1–15.
- Bhat, C. R., & Eluru, N. (2009). A Copula-Based Approach to Accommodate Residential Self-Selection Effects in Travel Behavior Modeling, *Transportation Research B*, 43(7), 749–765.
- Boarnet, M. G., & Crane, R. (2001). The Influence of Land use on Travel Behavior. Specification and Estimation Strategies, *Transportation Research A*, 35(9), 823–845.
- Borenstein, M., et al. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*, Chichester, UK. Wiley.
- Button, K., & Kerr, J. (1996). Effectiveness of Traffic Restraint Policies. A Simple Meta-Regression Analysis, International *Journal of Transport Economics*, 23(2), 213–225.
- Cao, X., Mokhtarian, P. L. & Handy, S. L. (2009b). The Relationship between the Built Environment and Non Work Travel. A Case Study of Northern California, *Transportation Research Part A,* 43(5), 548–559.
- Cervero, R. (2002a). Built Environments and Mode Choice. Toward a Normative Framework, *Transportation Research D*, 7(4), 265–284.
- Cervero, R. (2002b). Induced Travel Demand. Research Design, Empirical Evidence, and Normative Policies, *Journal of Planning Literature*, 17(1), 3–20.
- Cervero, R., & Duncan, M. (2003), Walking, Bicycling, and Urban Landscapes. Evidence from the San Francisco Bay Area, *American Journal of Public Health,* 93(9), 1478–1483.
- Cervero, R., & Gorham,R. (1995). Commuting in Transit Versus Automobile Neigborhoods, *Journal of the American Planning Association*, 61(3), 210-225.
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel Demand and the 3Ds. Density, Diversity, and Design, *Transportation Research D*, 2(3), 199–219.
- Chen, C., & McKnight, C. E. (2007). Does the Built Environment Make a Difference? Additional Evidence for the Daily Activity and Travel Behavior of Homemakers Living in New York City and Suburb, *Journal of Transport Geography,* 15(5), 380–395.
- Crane, R. (1996). On Form versus Function. Will the New Urbanism Reduce Traffic, or Increase It? *Journal of Planning Education and Research,* 15(2), 117–126.
- Douglas G. (1991). Planning on the Fringe. The Impact of Land Use Strategies on Congestion Prepared for the Third National Conference Transportation on Solutions for Small and Medium-Sized Areas, October.
- Debrezion, G., Pels, E., & Rietveld, P. (2003).*The Impact of Railway Stations on Residential and Commercial Property Value. A Meta-Analysis*, Tinbergen Institute Discussion Paper No. TI-2004-023/3
- Ewing, R., & Cervero, R. (2001). Travel and the Built Environment, *Transportation Research Record*, 1780, 87–114.
- Ewing, Reid & Cervero, Robert. (2010). Travel and the Built Environment, *Journal of the American Planning Association,* 76(3), 265-294.
- Ewing, R., DeAnna, M. & Li, S. (1996). Land use Impacts on Trip Generation Rates, *Transportation Research Record,* 1518, 1–7.
- Forsyth A. et al. (2008). Design and Destinations. Factors Influencing Walking and Total Physical Activity, *Urban Studies*, 45, 1977.
- Greenwald, M. J., & Boarnet, M. G. (2001). The Built Environment as a Determinant of Walking Behavior. Analyzing Non-work Pedestrian Travel in Portland, Oregon. *Transportation Research Record*, 1780, 33-43.
- Gordon, P. & Richardson H. W. (1989). Gasoline Consumption and Cities. A Reply, *Journal of the American Planning Association,* 55, 342-346.
- Jones P. M., et al. (1991). Understanding Travel Behavior. *Journal of the American Planning Association*, Gower, Aldershot.
- Handy, S. L. (1993). Regional versus Local Accessibility. Implications for Non-work Travel, *Transportation Research Record,* 1400, 58-66.
- Handy, S. L., Cao, X., & Mokhtarian, P. L. (2005). Correlation or Causality between the Built Environment and Travel Behavior? Evidence from Northern California, *Transportation Research D*, 10(6), 427-444.
- Handy, S. L., & Clifton, K. J. (2001). Local Shopping as a Strategy for Reducing Automobile Travel, *Transportation*, 28(4), 317-346.
- Handy S. et al. (2002). How the Built Environment Affects Physical Activity Views from Urban Planning, American, *Journal of Preventive Medicine*, 23(2S), 64-73.

- Handy, S. (1996a). Metodologise for Exploring the Link between Urban Form and Travel Behavior, *Transportation Research D,* 1(2), 151-165
- Handy, S. (1996b). Understanding the Link between the Built Environment and Non-work Travel Behavior, *Journal Planning Education Research*, 15, 183-98.
- Hess, P. M. et al. (1999). Site Design and Pedestrian Travel, *Transportation Research Record,* 1674, 9-19.
- Holtzclaw, J. et al. (2002). Location Efficiency. Neighborhood and Socioeconomic Characteristics Determine Auto Ownership and Use-studies in Chicago, Los Angeles, and San Francisco, *Transportation Planning and Technology*, 25(1), 1-27.
- Kenworthy, J. (2010). *Urban Planning and Transport Paradigm Shifts for Surviving the Post-Petroleum Age in Cities*, ISTP, Murdoch University, Perth, Western Australia.
- Khattak, A. J., & Rodriquez, D. (2005). Travel Behavior in Neo Traditional Neighborhood Developments. A Case Study in USA, *Transportation Research A*, 39(6), 481–500.
- Kitamura, R., Mokhtarian, P. L., & Laidet, L. (1997). A Micro-Analysis of Land use and Travel in Five Neighborhoods in San Francisco Bay Area, *Transportation*, 24(2), 125–158.
- Kitamura R. & Kermanshah M. (1984). Sequential Model of Interdependent Activity and Destination Choices, *Transportation Research*, 987, 81-89.
- Kockelman, K. M. (1997).Travel Behavior as a Function of Accessibility, Land use Mixing, and Land use Balance. Evidence from the San Francisco Bay Area, *Transportation Research Record*, 1607, 116–125.
- Kuby, M., Barranda, A., & Upchurch, C. (2004). Factors Influencing Light-Rail Station Boardings in the United States, *Transportation Research A,* 38(3), 223–258.
- Lau, J., et al. (2006). The Case of the Misleading Funnel Plot. *British Medical Journal*, 333 (7568), 597–600.
- Leck, E. (2006). The Impact of Urban form on Travel Behavior. A Meta-Analysis, *Berkeley Planning Journal,* 19, 37–58.
- Lin J. & Yang A. (2009). Structural Analysis of How Urban Form Impacts Travel Demand. Evidence from Taipei, *Urban Studies,* 46, 1951.
- Lund, H. M. (2003). Testing the Claims of New Urbanism. Local Access, Pedestrian Travel, and Neighboring Behaviors, *Journal of the American Planning Association,* 69(4), 414–429.
- Melo, P. C., Graham, D. J., & Noland, R. B. (2009). A Meta-Analysis of Estimates of Urban Agglomeration Economies, *Regional Science and Urban Economics*, 39(3), 332–342.
- Moradimasihi, V. (Ed). (2004). *Achieving Sustainable Urban Form* (Vol. 1), Tehran: Process and Urban Planning Company.
- Naess, P. (2005). Residential Location Affects Travel Behavior—But How and Why? The Case of Copenhagen Metropolitan Area, *Progress in Planning*, 63(1), 167–257.
- Newman, P. W. G., & Kenworthy, J. R. (2006). Urban Design to Reduce Automobile Dependence. Opolis. An International *Journal of Suburban and Metropolitan Studies*, 2(1), 35–52.
- Pickrell, D., & Schimek, P. (1999). Growth in Motor Vehicle Ownership and Use. Evidence from the Nationwide Personal Transportation Survey, *Journal of Transportation and Statistics*, 2(1), 1–17.
- Reilly, M. K. (2002, January). Influence of Urban form and Land use on Mode Choice. Evidence from the 1996 Bay Area Travel Survey, Paper Presented at the 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Saelens, B. E., Sallis, J. F., & Frank, L. D. (2003). Environmental Correlates of Walking and Cycling. Findings from the Transportation, Urban Design, and Planning Literatures, *Annals of Behavioral Medicine*, 25(2), 80–91.
- Soltani, A. (2011). *Essays on Urban Transportation. A Case of Sustainability Approach*, University of Shiraz, Shiraz, Iran.
- Tompa, E., et al. (2008). A systematic Review of Disability Management Interventions with Economic Evaluations. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 18(1), 16–26.
- Waygood, E. O. D., et al. (2009, January). Children in Transit Oriented Development. Travel Patterns, Independence, and Exercise, Paper Presented at the 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Zhang, M. (2004). The Role of Land use in Travel Mode Choice. Evidence from Boston and Hong Kong. *Journal of the American Planning Association*, 70(3), 344–361.

پیوست ۱: مشخصات مطالعات فردی مورد استفاده در تحقیق

محقق	اندازه نمونه	متغیر مستقل	متغیر وابسته (مد سفر)	الاستیسیتی
Bhatia, 2004	۲۰	تراکم خانوار	پیاده‌روی	۰,۰۸۳**
Bhatia, 2004	۲۰	تراکم خانوار	حمل و نقل همگانی	۰,۳۷*
Boarnet & Sarmiento, 1998	۴۳۲	تراکم جمعیت/ خرده‌فروشی/خدمات	تعداد سفرهای موتوری غیرکاری	
Boarnet et al., 2008	۶۳۶۲	تراکم خانوار	پیاده‌روی	۰,۱۳*
Boarnet et al., 2008	۶۳۶۲	تراکم خرده‌فروشی	پیاده‌روی	۰,۰۷**
Boarnet et al., 2008	۶۳۶۲	تراکم اشتغال	پیاده‌روی	۰,۰۰
Boarnet et al., 2009	۱۳۷۰	تراکم مسکونی	پیاده‌روی	-۰,۰۵
Boarnet et al., 2009	۱۳۷۰	تراکم تجاری	پیاده‌روی	۰,۱۴*
Boer et al., 2007	۲۹۷۲۴	تراکم مسکن	پیاده‌روی	۰,۲۱b
Cervero & Gorham,1995	۱۶۳۶	تراکم ناخالص جمعیت	درصد سفر با اتوبوس	
Cervero, 2002	۴۲۷	تراکم ناخالص جمعیت	سفرهای موتوری کاری	
Cervero, 2002	۱۹۶۰	تراکم ناخالص جمعیت	سفر با اتوبوس	
Cervero, 2002 a	۴۲۷	تراکم جمعیتی ناخالص	حمل و نقل همگانی	۰,۳۹*
Cervero, 2006	۲۲۵	تراکم جمعیت	حمل و نقل همگانی	۰,۱۹**
Cervero,1994 a	۲۷	تراکم ناخالص جمعیت	درصد سفر ریلی	
Cervero,1994 b	۱۷	تراکم اشتغال	درصد سفر ریلی	
Cervero,1996	۹,۸۲۳	تراکم مسکونی	احتمال سفرهای موتوری	
Cervero,1996	۱۵,۲۵۸	تراکم مسکونی	احتمال سفر با حمل و نقل همگانی	
Cervero,1996	۹,۸۰۵	تراکم مسکونی	احتمال سفرهای پیاده	
Cervero,1996	۹۸۲۳	کاربری غیرمسکونی در محدوده ۳۰۰ فوتی	سفر با خودرو	۰,۰۰۵*
Chatman, 2009	۹۹۹	جمعیت به ازای هر مایل جاده	پیاده‌روی	۰,۱۶
Chatman, 2009	۹۹۹	تراکم خرده‌فروشی	پیاده‌روی	۰,۰۰
Ewing et al.,1996	۷۶۴	تراکم کلی	سفر با خودرو	-۰,۰۳
	۳۸۲۳	تراکم جمعیت	پیاده‌روی	۰,۰۱
Ewing et al., 2009	۳۸۲۳	تراکم شغل	پیاده‌روی	۰,۱
Ewing et al., 2009	۳۸۲۳	تراکم جمعیت	حمل و نقل همگانی	-۰,۰۱
Ewing et al., 2009	۳۸۲۳	تراکم شغل	حمل و نقل همگانی	۰,۰۸
Ewing et al., 2009	۹۸۸	تراکم پلاک	پیاده‌روی	۰,۰۸
Fan, 2007	۱۵۴	تراکم پلاک	حمل و نقل همگانی	۰,۰۰
Fan, 2007	۱,۰۰۰	تراکم اشتغال/جمعیت	درصد سفرهای موتوری	
Frank & Pivo, 1994	۱,۰۰۰	تراکم اشتغال/جمعیت	درصد سفر با اتوبوس	

Frank & Pivo, 1994	۱۰۰۰	تراکم اشتغال	سفر با خودرو	-۰,۰۴*
Frank & Pivo, 1994	۱۰۰۰	تراکم جمعیت	سفر با خودرو	-۰,۰۵*
Frank & Pivo, 1994	۸۷۰۷	نرخ طبقات خرده‌فروشی	پیاده‌روی	۰,۰۷*
Frank et al., 2008	۱۰۴۷۵	نرخ طبقات خرده‌فروشی	پیاده‌روی	۰,۰۴*
Frank et al., 2008	۸۷۰۷	نرخ طبقات خرده‌فروشی	حمل و نقل همگانی	۰,۲۱**
Frank et al., 2008	۱۰۴۷۵	نرخ طبقات خرده‌فروشی	حمل و نقل همگانی	۰,۱۷**
Frank et al., 2009	۲۶۹۷	نرخ طبقات خرده‌فروشی	پیاده‌روی	۰,۲۰**
Frank et al., 2009	۲۶۹۷	تعداد قطعات خرده‌فروشی	پیاده‌روی	۰,۰۸**
Greenwald & Boarnet, 2001	۱۰۸۴	تراکم جمعیت	پیاده‌روی	۰,۳۴**a
Greenwald & Boarnet, 2001	۱۰۸۴	تراکم خرده‌فروشی	پیاده‌روی	۰,۱۱*a
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	تراکم مسکونی	پیاده‌روی	۰,۲۸**
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	تراکم شغل	پیاده‌روی	۰,۰۳
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	تراکم خالص مسکونی	حمل و نقل همگانی	۰,۱۴**
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	تراکم خالص اشتغال	حمل و نقل همگانی	-۰,۰۵*
Hess et al., 1999	۱۲	تراکم جمعیت	پیاده‌روی	۱,۲۹
Joh et al., 2009	۲۱۲۵	تراکم تجاری محلی	پیاده‌روی	۰,۱۹**
Kitamura,1997	۱۴۶۳۹	وجود پیاده‌رو	سفر با خودرو	-۰,۱۴*
Kitamura,1997	۱۴۶۳۹	تراکم جمعیت	سفر با خودرو	-۰,۰۵*
Kockelman, 1997	۸۰۵۰	تراکم جمعیت	پیاده‌روی	۰,۰۰
Kockelman, 1997	۵۲,۶۵۰	تراکم ناخالص مسکونی	سفرهای موتوری شخصی	
Kockelman, 1997	۸۰۵۰	تراکم شغل	پیاده‌روی	۰,۰۰
Kockelman, 1997	۸۰۵۰	دسترسی منطقه‌ای به شغل	سفر با خودرو	-۰,۳۶
Kockelman, 1997	۸۰۵۰	تراکم جمعیت	سفر با خودرو	-۰,۱۳
Kockelman, 1997	۸۰۵۰	تراکم اشتغال	سفر با خودرو	-۰,۰۰۲
Kuby et al., 2004	۲۶۸	جمعیت در فاصله پیاده‌روی	حمل و نقل همگانی	۰,۱۱*
Kuby et al., 2004	۲۶۸	اشتغال در فاصله پیاده‌روی	حمل و نقل همگانی	۰,۰۷*
Naess, 2005	۱۴۰۶	تراکم فعالیت	پیاده‌روی	۰,۰۰
Rajamani et al., 2003	۲۵۰۰	تراکم جمعیت	پیاده‌روی	۰,۰۱
Rajamani et al., 2003	۲۵۰۰	تراکم جمعیت	حمل و نقل همگانی	۰,۰۸
Reilly, 2002	۷۶۰۴	تراکم جمعیت	پیاده‌روی	۰,۱۹*
Reilly, 2002	۷۶۰۴	تراکم جمعیت	حمل و نقل همگانی	۰,۲۰*
Rodriguez & Joo, 2004	۴۵۴	تراکم جمعیت	حمل و نقل همگانی	-۰,۲۰*
Schimk, 1996	۱۵۹۱۶	تراکم جمعیت	سفر با خودرو	-۰,۰۹*
Targa & Clifton, 2005	۲۹۳۴	تراکم خانوار	پیاده‌روی	۰,۰۳
Zhang, 2004 (Boston)	۱۶۱۹	تراکم جمعیت	پیاده‌روی	۰,۱۱*

۰,۰۳*	پیاده‌روی	تراکم شغل	۱۶۱۹	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۰۶*	پیاده‌روی	تراکم جمعیت	۱۰۳۶	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۰۰	پیاده‌روی	تراکم شغل	۱۰۳۶	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۱۲*	حمل و نقل همگانی	تراکم جمعیت	۱۶۱۹	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۱۳*	حمل و نقل همگانی	تراکم جمعیت	۱۰۳۶	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۰۹*	حمل و نقل همگانی	تراکم شغل	۱۶۱۹	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۰۰	حمل و نقل همگانی	تراکم شغل	۱۰۳۶	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۰۱	حمل و نقل همگانی	تراکم جمعیت	۲۰۲۴۶	Zhang, 2004 (Hong Kong)
۰,۰۱*	حمل و نقل همگانی	تراکم جمعیت	۱۵۲۸۱	Zhang, 2004 (Hong Kong)
۰,۰۱**	حمل و نقل همگانی	تراکم شغل	۲۰۲۴۶	Zhang, 2004 (Hong Kong)
۰,۰۱	حمل و نقل همگانی	تراکم شغل	۱۵۲۸۱	Zhang, 2004 (Hong Kong)

جدول ۲: نتایج مطالعات فردی؛ قابلیت دسترسی و تأثیر آن بر رفتار سفر (مد یا وسیله سفر)

الاستیسیتی	متغیر وابسته (مد سفر)	متغیر مستقل	اندازه نمونه	محقق
۰,۳۰*a	پیاده‌روی	عدم تعادل مسکن ـ شغل	۴۴۵۶	Bento et al., 2003
۱u	پیاده‌روی	مرکزیت جمعیت	۴۴۵۶	Bento et al., 2003
۰,۳۰a	پیاده‌روی	فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه	۴۴۵۶	Bento et al., 2003
۰,۶۰a	حمل و نقل همگانی	عدم تعادل مسکن ـ شغل	۴۴۵۶	Bento et al., 2003
۰,۰۰	حمل و نقل همگانی	مرکزیت جمعیت	۴۴۵۶	Bento et al., 2003
۱a	حمل و نقل همگانی	فاصله تا ایستگاه اتوبوس	۴۴۵۶	Bento et al., 2003
۰,۴۹**a	پیاده‌روی	فاصله تا مرکز تجاری	۶۳۶۲	Boarnet et al., 2008
-۰,۱۷**a	پیاده‌روی	فاصله تا مترو	۶۳۶۲	Boarnet et al., 2008
۰,۳۰b	پیاده‌روی	انواع تجاری در محله	۲۹۷۲۴	Boer et al., 2007
۰,۵۶**a	پیاده‌روی	فاصله تا مغازه	۸۳۷	Cao et al., 2006
۰,۰۷**	پیاده‌روی	انواع تجاری در فاصله ۴۰۰ متری	۱۲۷۷	Cao, Mokhtarian, et al., 2009 b
۰,۰۴	پیاده‌روی	شغل‌ها در فاصله ۱ مایلی	۷۸۳۶	Cervero & Duncan, 2003
۰,۰۰	پیاده‌روی	عدم تشابه کاربری	۲۸۵۰	Cervero & Kockelman, 1997
۰,۰۰	پیاده‌روی	سهم ترکیب عمودی	۲۸۵۰	Cervero & Kockelman, 1997
۰,۰۰	پیاده‌روی	سهم جمعیت در فاصله یک چهارم مایل مغازه	۲۸۵۰	Cervero & Kockelman, 1997
۰,۰۰	پیاده‌روی	دسترسی به شغل با اتومبیل	۲۸۵۰	Cervero & Kockelman, 1997
۰,۰۰	حمل و نقل همگانی	عدم تشابه کاربری	۱۵۴۴	Cervero & Kockelman, 1997
۰,۰۰	حمل و نقل همگانی	سهم ترکیب عمودی	۱۵۴۴	Cervero & Kockelman, 1997

Cervero & Kockelman, 1997	۱۵۴۴	سهم جمعیت در فاصله یک چهارم مایل مغازه	حمل و نقل همگانی	۰,۰۰
Cervero & Kockelman, 1997	۸۹۶	سهم خرده‌فروشی یا خدمات در یک چهارم مایل	سفر با خودرو	-۰,۰۸
Cervero & Kockelman, 1997	۸۹۶	تراکم خالص	سفر با خودرو	۰,۰۰
Cervero & Duncan, 2002	۷,۸۳۶	تنوع کاربری	احتمال سفرهای پیاده	
Cervero, 1991	۵۲	ترکیب کاربری	احتمال سفرهای موتوری شخصی	
Cervero, 1991	۵۲	ترکیب کاربری	درصد سفر با اتوبوس	
Cervero, 1991	۵۲	ترکیب کاربری	درصد سفرهای پیاده	
Cervero, 2002	۴۲۷	ترکیب کاربری	سفرهای موتوری کاری	
Cervero, 2002	۱۹۶۰	ترکیب کاربری	سفر با اتوبوس	
Cervero, 2002 a	۴۲۷	ترکیب کاربری (آنتروپی)	حمل و نقل همگانی	۰,۵۳*
Cervero, 2006	۲۲۵	فاصله تا مرکز تجاری	حمل و نقل همگانی	۰,۲۱**a
Cervero, 1994 a	۲۷	ترکیب کاربری	درصد سفر ریلی	
Cervero, 1996	۹,۸۲۳	ترکیب کاربری	احتمال سفرهای موتوری	
Cervero, 1996	۱۵,۲۵۸	ترکیب کاربری	احتمال سفر با حمل و نقل همگانی	
Cervero, 1996	۹,۸۰۵	ترکیب کاربری	احتمال سفرهای پیاده	
Chatman, 2009	۹۹۹	فاصله تا مرکز تجاری	پیاده‌روی	۰,۲۹**
Ewing et al., 1996	۷۶۴	تراکم کلی	سفر با خودرو	-۰,۰۳
Ewing et al., 2009	۳۸۲۳	تعادل مسکن - شغل	پیاده‌روی	۰,۱۸
Ewing et al., 2009	۳۸۲۳	شغل‌ها در فاصله ۱ مایلی	پیاده‌روی	۰,۲۳*
Ewing et al., 2009	۳۸۲۳	دسترسی به شغل با اتوبوس	حمل و نقل همگانی	۰,۲۹**
Ewing et al., 2009	۳۸۲۳	تراکم ایستگاه اتوبوس	حمل و نقل همگانی	۰,۰۸
Fan, 2007	۱۵۴	تعداد مغازه های خرده‌فروشی	حمل و نقل همگانی	۰,۴u
Frank & Pivo, 1995	۱,۰۰۰	ترکیب کاربری	درصد سفرهای موتوری	
Frank & Pivo, 1995	۱,۰۰۰	ترکیب کاربری	درصد سفر با اتوبوس	
Frank & Pivo, 1995	۱,۰۰۰	ترکیب کاربری	درصد سفرهای موتوری شخصی	
Frank et al., 2008	۸۷۰۷	ترکیب کاربری (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۲۲**
Frank et al., 2008	۸۷۰۷	ترکیب کاربری (آنتروپی)	حمل و نقل همگانی	۰,۰۹*
Frank et al., 2008	۱۰۴۷۵	ترکیب کاربری (آنتروپی)	حمل و نقل همگانی	۰,۱۹
Frank et al., 2009	۱۰۴۷۵	ترکیب کاربری (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۰۳*
rank et al., 2009	۲۶۹۷	ترکیب کاربری (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۰۸y

Frank et al., 2009	۲۶۹۷	دسترسی به شغل با اتوبوس	حمل و نقل همگانی	۰,۱۶*
Frank et al., 2009	۲۶۹۷	فاصله تا ایستگاه اتوبوس	حمل و نقل همگانی	۰,۰۲b
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	تعادل مسکن ـ شغل غیر خرده فروشی	پیاده‌روی	۰,۰۲۵u
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	تعادل مسکن ـ شغل خرده فروشی	پیاده‌روی	۰,۰۲
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	ترکیب اشتغال (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۰۹
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	دسترسی به شغل با اتومبیل	پیاده‌روی	-۰,۳۲**
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	تعادل مسکن ـ شغل	حمل و نقل همگانی	۰,۲۳*
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	ترکیب اشتغال (آنتروپی)	حمل و نقل همگانی	۰,۰۴
Greenwald, 2009	۳۹۳۸	دسترسی به شغل با اتومبیل	حمل و نقل همگانی	۰,۰۵
Handy & Clifton, 2001	۱۳۶۸	فاصله تا نزدیک‌ترین مغازه	پیاده‌روی	۰,۴۸**a
Handy et al., 2006	۱۴۸۰	انواع تجاری در در فاصله ۸۰۰ متری	پیاده‌روی	۰,۲۹**
Handy et al., 2006	۱۴۸۰	فاصله تا نزدیک‌ترین خواربار فروشی	پیاده‌روی	۰,۱۷**a
Kitamura et al., 1997	۱۴۶۳۹	فاصله تا نزدیک‌ترین پارک	پیاده‌روی	۰,۱۱**a
Kitamura et al., 1997	۱۴۶۳۹	فاصله تا نزدیک‌ترین پارک	حمل و نقل همگانی	۰,۱۱*
Kitamura et al., 1997	۱۴۶۳۹	فاصله تا ایستگاه مترو	حمل و نقل همگانی	۰,۱۳**a
Kitamura et al., 1997	۱۴۶۳۹	فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه	پیاده‌روی	۰,۱۰*a
Kockelman, 1997	۸۰۵۰	ترکیب کاربری (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۲۳*
Kockelman, 1997	۸۰۵۰	دسترسی به شغل با پیاده‌روی	پیاده‌روی	۰,۲۲**
Kuby et al., 2004	۲۶۸	زمان میانگین تا دیگر ایستگاه‌ها	حمل و نقل همگانی	۰,۹۵**a
Lund et al., 2004	۹۶۷	دسترسی به شغل با اتومبیل	حمل و نقل همگانی	-۰,۷۰**
Naess, 2005	۱۴۰۶	فاصله تا مرکز تجاری	پیاده‌روی	۰,۲۹**a
Naess, 2005	۱۴۰۶	فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه مترو	پیاده‌روی	۰,۰۰
Rajamani et al., 2003	۲۵۰۰	ترکیب کاربری (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۳۶*
Rajamani et al., 2003	۲۵۰۰	درصد ایستگاه در فاصله پیاده‌روی	پیاده‌روی	۰,۰۲a
Rajamani et al., 2003	۲۵۰۰	ترکیب کاربری (آنتروپی)	حمل و نقل همگانی	-۰,۰۴
Rajamani et al., 2003	۲۵۰۰	درصد ایستگاه در فاصله پیاده‌روی	حمل و نقل همگانی	۰,۴۲*

Reilly, 2002	۷۶۰۴	فاصله تا نزدیک‌ترین مغازه	پیاده‌روی	۰,۱۶**a
Reilly, 2002	۷۶۰۴	فاصله تا نزدیک‌ترین واحد تجاری	حمل و نقل همگانی	-۰,۱۹**
Shay et al., 2006	۳۴۸	فاصله تا نزدیک‌ترین مرکز تجاری	پیاده‌روی	۰,۹۸**a
Targa & Clifton, 2005	۲۹۳۴	ترکیب کاربری (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۰۸**
Targa & Clifton, 2005	۲۹۳۴	فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه	پیاده‌روی	۰,۰۸**a
Zhang, 2004 (Boston)	۱۰۳۶	ترکیب کاربری (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۱۲
Zhang, 2004 (Boston)	۱۶۱۹	ترکیب کاربری (آنتروپی)	پیاده‌روی	۰,۰۰
Zhang, 2004 (Boston)	۱۶۱۹	ترکیب کاربری (آنتروپی)	حمل و نقل همگانی	۰,۰۰
Zhang, 2004 (Boston)	۱۰۳۶	ترکیب کاربری (آنتروپی)	حمل و نقل همگانی	۰,۱۲

جدول ۳: نتایج مطالعات فردی؛ طراحی و تأثیر آن بر رفتار سفر (مد یا وسیله سفر)

محقق	اندازه نمونه	متغیر مستقل	متغیر وابسته (مد سفر)	الاستیسیتی
Boarnet and Sarmiento, 1998	۴۳۲	درصد شطرنجی	تعداد سفرهای موتوری غیرکاری	
Boarnet et al., 2008	۶۳۶۲	تراکم تقاطع	پیاده‌روی	۰,۴۵**
Boarnet et al., 2009	۱۳۷۰	اندازه بلوک	پیاده‌روی	۰,۳۵a
Boarnet et al., 2009	۱۳۷۰	درصد تقاطع‌های چهارراه	پیاده‌روی	-۰,۰۹
Boer et al., 2007	۲۹۷۲۴	سهم تقاطع‌های چهارراه	پیاده‌روی	۰,۳۹d
Boer et al., 2007	۲۹۷۲۴	طول بلوک	پیاده‌روی	-۰,۳۱ad
Cervero & Kockelman, 1997	۲۸۵۰	سهم تقاطع‌های چهارراه	پیاده‌روی	۰,۰۰
Cervero & Kockelman, 1997	۲۸۵۰	سهم بلوک‌های چهار بر	پیاده‌روی	۰,۰۰
Cervero & Kockelman, 1997	۲۸۵۰	عرض پیاده‌رو	پیاده‌روی	۰,۳۹*
Cervero & Kockelman, 1997	۲۸۵۰	سهم پارکینگ حاشیه‌ای	پیاده‌روی	۰,۱۲**a
Cervero & Kockelman, 1997	۱۵۴۴	سهم پارکینگ حاشیه‌ای	حمل و نقل همگانی	۰,۰۰
Cervero & Kockelman, 1997	۱۵۴۴	سهم تقاطع‌های چهارراه	حمل و نقل همگانی	۰,۰۰
Cervero & Kockelman, 1997	۱۵۴۴	عرض پیاده‌رو	حمل و نقل همگانی	۰,۰۰
Cervero & Kockelman, 1997	۱۵۴۴	سهم بلوک‌های چهار بر	حمل و نقل همگانی	۰,۱۹
Cervero, 2002	۴۲۷	نرخ پیاده‌رو	سفرهای موتوری کاری	
Cervero, 2002	۱۹۶۰	نرخ پیاده‌رو	سفر با اتوبوس	
Cervero, 2002 a	۴۲۷	نسبت پیاده‌رو	حمل و نقل همگانی	۰,۱۶
Cervero, 2007	۷۲۶	درصد تقاطع‌های چهارراه	حمل و نقل همگانی	۱,۰۸
Cervero,1994 a	۲۷	پیاده‌روهای ممتد	درصد سفر ریلی	
Chatman, 2009	۹۹۹	تراکم تقاطع‌های چهارراه	پیاده‌روی	۰,۳۰*

	فراوانی سفرهای ماشینی	درصد شطرنجی/ترکیب شطرنجی و بن بست	۱۳۳۶	Crane & Crepeau, 1998
	سفرهای ماشینی	درصد شطرنجی/ترکیب شطرنجی و بن بست	۱۳۳۶	Crane & Crepeau, 1998
۰,۴۳**	پیاده‌روی	تراکم تقاطع	۳۸۲۳	Ewing et al., 2009
۰,۲۷**	پیاده‌روی	پوشش پیاده‌رو	۳۸۲۳	Ewing et al., 2009
۰,۴۰**	پیاده‌روی	درصد تقاطع‌های پیوسته	۹۸۸	Fan, 2007
۰,۱۲**	پیاده‌روی	طول پیاده‌رو	۹۸۸	Fan, 2007
۰,۲۷	حمل و نقل همگانی	درصد تقاطع‌های پیوسته	۱۵۴	Fan, 2007
۰,۰۰	حمل و نقل همگانی	طول پیاده‌رو	۱۵۴	Fan, 2007
۰,۲۱**	پیاده‌روی	تراکم تقاطع	۸۷۰۷	Frank et al., 2008
۰,۲۰*	حمل و نقل همگانی	تراکم تقاطع	۸۷۰۷	Frank et al., 2008
۰,۲۴u	حمل و نقل همگانی	تراکم تقاطع	۱۰۴۷۵	Frank et al., 2008
۰,۲۸**	پیاده‌روی	تراکم تقاطع	۱۰۴۷۵	Frank et al., 2008
۰,۵۵**	پیاده‌روی	تراکم تقاطع	۲۶۹۷	Frank et al., 2009
۰,۱۲	حمل و نقل همگانی	تراکم تقاطع	۲۶۹۷	Frank et al., 2009
۰,۱۱**	پیاده‌روی	تراکم تقاطع	۳۹۳۸	Greenwald, 2009
۰,۳۷*	حمل و نقل همگانی	تراکم تقاطع	۳۹۳۸	Greenwald, 2009
۰,۳۵**a	پیاده‌روی	اندازه بلوک	۱۲	Hess et al., 1999
۰,۰۱a	پیاده‌روی	اندازه بلوک	۲۱۲۵	Joh et al., 2009
-۰,۲۷	پیاده‌روی	درصد تقاطع‌های چهارراه	۲۱۲۵	Joh et al., 2009
۱,۰۸**	حمل و نقل همگانی	درصد تقاطع‌های چهارراه در مقصد	۹۶۷	Lund et al., 2004
۰,۰۰**c	پیاده‌روی	درصد بن بست‌ها	۲۵۰۰	Rajamani et al., 2003
۰,۰۰a	حمل و نقل همگانی	درصد بن بست‌ها	۲۵۰۰	Rajamani et al., 2003
۱,۲۳**	پیاده‌روی	پوشش پیاده‌رو	۴۴۸	Rodriguez & Joo, 2004
۰,۰۳u	پیاده‌روی	مسیرهای مستقیم	۴۴۸	Rodriguez & Joo, 2004
۰,۲۸*	حمل و نقل همگانی	پوشش پیاده‌رو	۴۵۴	Rodriguez & Joo, 2004
۰,۰۱u	حمل و نقل همگانی	مسیرهای مستقیم	۴۵۴	Rodriguez & Joo, 2004
۰,۱۱	پیاده‌روی	مسیرهای مستقیم	۱۸۴۲	Soltani & Allan, 2006
۰,۳۲**a	پیاده‌روی	اندازه بلوک	۲۹۳۴	Targa & Clifton, 2005
۰,۰۷u	پیاده‌روی	پیوستگی خیابان	۱۶۱۹	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۰۵	پیاده روی	پیوستگی خیابان	۱۰۳۶	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۰۸u	حمل و نقل همگانی	پیوستگی خیابان	۱۶۱۹	Zhang, 2004 (Boston)
۰,۰۴	حمل و نقل همگانی	پیوستگی خیابان	۱۰۳۶	Zhang, 2004 (Boston)