

تحلیل اثرات "توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی" بر رفتار ترافیکی و الگوی سفر

علی ابوطالب پور، حمید سیادت موسوی، جواد هدایتی

چکیده

با ظهور اتومبیل به‌ویژه در سال‌های بعد از جنگ جهانی دوم، شکل و ظاهر شهرها دستخوش تغییر بسیاری گردید. گسترش افقی پهنه شهرها و نیز افزایش ترافیک در خیابان‌ها عامل بسیاری از هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی از جمله آلودگی هوا، نرخ تصادفات، آلودگی صوتی، زمان تلف شده در ترافیک، تغییر کاربری اراضی طبیعی و غیره گردیدند. به‌دنبال این معضلات بسیاری از متفکران شهری به انتقاد از ناکارآمدی شهرسازی مدرن پرداخته و به معرفی مفاهیمی همچون نوشهرسازی و رشد هوشمند پرداختند. در دهه نود میلادی نظریه‌پردازانی همچون پیتر کالتروپ^۱ (که خود از بنیان‌گذاران نوشهرسازی بود) به معرفی "توسعه با محوریت حمل‌ونقل همگانی"^۲ به‌عنوان یک الگوی موفق در برابر مشکلات ناشی از گسترش بی‌رویه شهرها و تبعات منفی آن پرداختند.

طیف وسیعی از عوامل و فاکتورهای مطرح در توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی از جمله تراکم^۳، کاربری مختلط^۴، نحوه اتصال^۵ کاربریهای مختلف به شبکه حمل و نقل و نحوه دسترسی به شیوه‌های مختلف حمل و نقل منجر به کاهش سرانه استفاده از اتومبیل می‌گردد. همچنین این عوامل سبب افزایش استفاده از حمل و نقل همگانی شده و سرمایه‌گذاری در حمل و نقل همگانی را از لحاظ اقتصادی کاراتر می‌نماید. در این مقاله به بررسی تاثیرات الگوی توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی بر رفتار ترافیکی و الگوی سفر می‌پردازیم. بدین منظور در ابتدا به معرفی و بررسی پیشینه شهرسازی ریل پایه پرداخته و سپس عوامل کلیدی مطرح در توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس ارتباط بین این عوامل با الگوی سفر و رفتار ترافیکی به طور مفصل و با استفاده از مطالعات و تجارب شهرهای مطرح مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی، الگوی سفر، نوشهرسازی، رشد هوشمند

^۱ Peter Calthorpe

^۲ Transit Oriented Development

^۳ Density

^۴ Mixed Land Use

^۵ Connectivity

۱. توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی در ادبیات حمل و نقل و شهرسازی

۱.۱. تعریف

توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی عبارت است از چیدمان هوشمندانه و خلاقانه کاربری‌ها به ترتیب جذابیت و با تراکم بیشتر در مجاورت ایستگاه‌ها و تعامل با ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی انبوه (غالباً ریلی) به گونه‌ای که بطور طبیعی استفاده از سامانه انبوه‌بر به سبب راحتی و مطلوبیت اقتصادی به گزینه غالب سفر تبدیل شود. این سیاست بر پایه حق برابری شهروندی و دسترسی مکانی و زمانی مناسب به فرصت‌ها استوار است. در این راستا، پیشینه کردن بهره‌وری سامانه حمل‌ونقل همگانی از طریق هم‌افزایی با توسعه و ترکیب کاربری‌ها، واجد امتیازات اقتصادی فراوان می‌باشد.

۱.۲. پیشینه

با ظهور اتومبیل به‌ویژه در سال‌های بعد از جنگ جهانی دوم، شکل و ظاهر شهرها دستخوش تغییر بسیاری گردید. گسترش افقی پهنه شهرها و نیز افزایش ترافیک در خیابان‌ها عامل بسیاری از هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی از جمله آلودگی هوا، نرخ تصادفات، آلودگی صوتی، زمان تلف شده در ترافیک، تغییر کاربری اراضی طبیعی و غیره گردیدند. به‌دنبال این تغییرات بسیاری از متفکران شهری از جمله لوئیس مامفورد^۶ و جین جیکوبز^۷ به انتقاد از ناکارآمدی شهرسازی مدرن پرداخته و خواستار بازگشت به ارزشهای شیوه طراحی شهری قبل از جنگ جهانی شدند. ایده بازگشت عمدتاً به دو مفهوم حس تعلق اجتماعی^۸ و مسائل زیست محیطی مرتبط می‌شد.

به عنوان مثال از دیدگاه جیکوبز شهر سالم شهری ارگانیک، درهم پیچیده و خودرو است که بر پایه‌های اقتصاد، معماری و تنوع انسانی استوار بوده و از خصوصیات همچون کاربری مختلط و تراکم جمعیت برخوردار می‌باشد. از نظر وی محیط باید به‌گونه‌ای باشد که ابعاد انسانی شهروندان پرورش یابد و دقیقاً از همین منظر به مدرنیست‌ها انتقاد کرده و تفکیک عملکردی کاربری زمین^۹ را مورد انتقاد قرار می‌دهد. زیرا معتقد است در این تفکیک محیط عاطفی و تعاملات اجتماعی کمرنگ شده و انواع بزهکاری‌ها حاصل شده و سرگشتگی و از خود بیگانگی بوجود می‌آید. ایده‌های وی تأثیر بسیاری بر ایجاد ایده دهکده شهری^{۱۰} داشته است. متعاقب این انتقادات، در دهه‌های هفتاد و هشتاد میلادی بسیاری از کشورهای اروپایی اقدام به بازسازی شهرها با الهام از نظرات معماران و شهرسازانی همچون جمله لوئیس مامفورد، جین جیکوبز، کریستوفر الکساندر^{۱۱} و لیون کریئر^{۱۲} نموده و پایه‌های نوشهرسازی^{۱۳} را بنا نهادند.

^۶ Lewis Mumford

^۷ Jane Jacobs

^۸ Sense of Community

^۹ Zoning

^{۱۰} Urban Village

^{۱۱} Christopher Alexander

^{۱۲} Leon Krier

^{۱۳} New Urbanism

نوشهرسازی جنبشی پست مدرنی و الهام گرفته از ارزش‌های طراحی شهری رایج قبل از ظهور خودرو است که از مشخصه‌های مهم آن قرارگیری کاربری‌های اداری، تجاری و آموزشی در اطراف ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی (به عنوان مثال تراموا) با هدف کاهش تأثیرات منفی خودرو بر زندگی روزمره شهروندان است. این جنبش به سکونت سازگار با محیط زیست از طریق ایجاد واحدهای همسایگی پیاده محور و دارای قابلیت دوچرخه سواری، ایجاد طیف گسترده و متنوعی از انواع مسکن و فرصت‌های شغلی، و نزدیک نمودن مبادی و مقاصد سفر از طریق ایجاد کاربری‌های مختلط می‌پردازد. واژه نوشهرسازی در اوایل دهه هشتاد میلادی در ایالات متحده آمریکا مطرح شد و به تدریج بر بسیاری از وجوه توسعه مسکن، برنامه‌ریزی شهری و راهبردهای کاربری زمین تأثیر گذاشت.

از طرف دیگر ایده توسعه شهر در اطراف مراکز شهری فشرده و پیاده محور و هدایت هوشمندانه رشد شهر (در مقابل گسترش افقی بی‌رویه) تحت عنوان "رشد هوشمند"^{۱۴} و به عنوان زیرمجموعه‌ای از تفکر نوشهرسازی مطرح گردید. این ایده به عنوان پاسخ به رشد بی‌رویه شهرها ارائه گردیده و به نوبه خود "توسعه شهری بر مبنای حمل‌ونقل همگانی"، کاربری‌های مبتنی بر پیاده‌روی، خیابان‌های فشرده و توسعه کاربری‌های مختلط همراه با گزینه‌های مختلف مسکن را شامل می‌شود. اصول پذیرفته رشد هوشمند عبارتند از:

- کاربری مختلط
- استفاده از مزایای ناشی از طراحی فشرده ساختمان‌ها و شهرها
- تعدد گزینه‌های سکونتگاهی
- ایجاد واحدهای همسایگی با قابلیت پیاده‌روی
- ایجاد و تقویت محلات جذاب همراه با حس تعلق مکانی قوی
- حفظ فضای باز و منابع و مناظر طبیعی و مناطق دارای حساسیت ویژه زیست محیطی
- تقویت توسعه در محلات موجود
- تعدد گزینه‌های حمل‌ونقل یکپارچه
- اتخاذ تصمیمات توسعه‌ای به نحوه قابل پیش بینی، عادلانه و مقرون به صرفه اقتصادی
- تشویق جامعه و ذینفعان به مشارکت در تصمیمات توسعه‌ای مرتبط

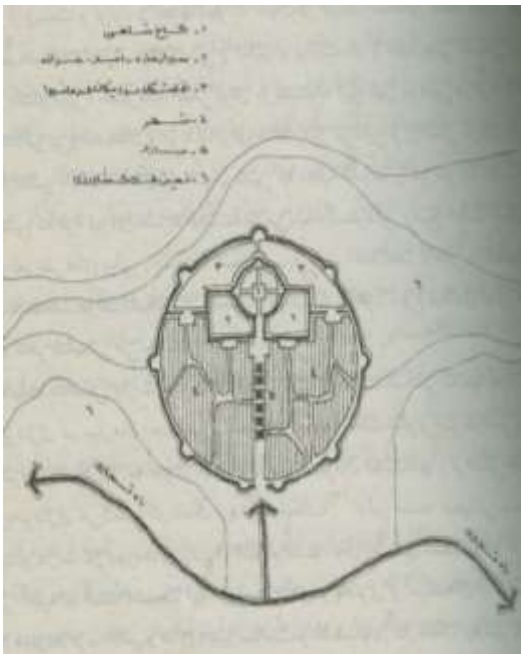
در اوایل دهه نود میلادی در آمریکا نظریه‌پردازانی همچون پیتر کالتروپ^{۱۵} (که خود از بنیان‌گذاران نوشهرسازی بود) به معرفی "توسعه با محوریت حمل‌ونقل همگانی" به عنوان زیرمجموعه‌ای از اصول نوشهرسازی و رشد هوشمند پرداختند. شایان ذکر است مفهوم ارائه شده توسط کالتروپ ریشه در مفاهیمی بسیار قدیمی تر دارد. حتی برخی از متخصصین ریشه این مفهوم را به توسعه شهرهای بین‌النهرین (از جمله شهر تاریخی اور^{۱۶}) در ساحل رودخانه‌ها و آبراه‌ها مرتبط می‌دانند. به عبارت دیگر محل قرارگیری این شهرها تابعی از نحوه تعامل و اندرکنش حمل‌ونقل و محیط مصنوع بوده است. اصلی که اکنون به عنوان یکی از اصول پایه‌ای "توسعه با محوریت حمل‌ونقل" مطرح گردیده است.

^{۱۴} Smart Growth

^{۱۵} Peter Calthorpe

^{۱۶} Ur

مشخصاً در ساختار شهرهای ایرانی قبل و بعد از اسلام نیز نشانه‌هایی از المان‌های مشترک با مفاهیم نوشهرسازی، رشد هوشمند و "توسعه با محوریت حمل‌ونقل همگانی" یافت می‌شود. به‌عنوان مثال به حداقل رساندن تخریب محیط زیست از طریق استفاده بهینه از زمین و مصالح بومی، توجه به مقیاس انسانی در طراحی شهرها و سکونتگاه‌ها، وجود محلات دارای حس تعلق مکانی نیرومند، چیدمان هوشمندانه کاربری‌های مختلف (از جمله بازار، مسجد، حمام عمومی و غیره) در اطراف راه‌ها و معابر اصلی و کاروانسراهای موجود در شهر نمونه‌هایی از ارزش‌های مشترک با مفاهیم امروزی است.



شهر پارتی



شهر صفوی

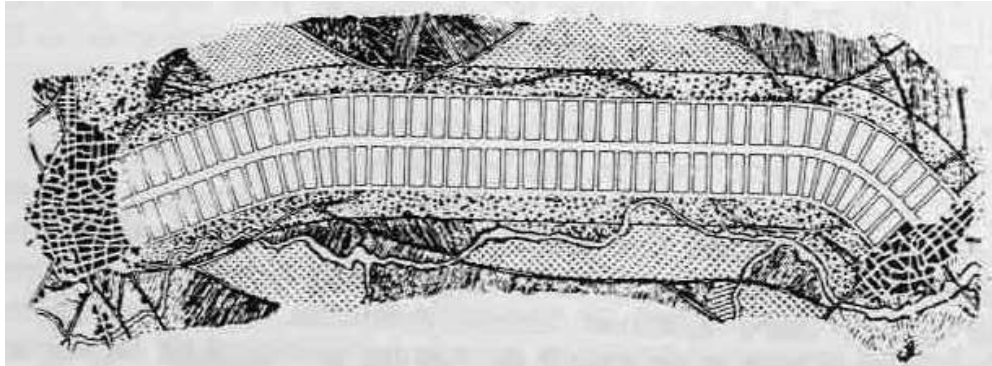
همچنین این مفهوم در نظریات و طرح‌های برخی از شهرسازان و معماران قرن‌های ۱۸ و ۱۹ میلادی به خوبی منعکس شده است. در این طرح‌ها، حمل‌ونقل شهری (به ویژه ریلی) به عنوان یکی از المان‌های اصلی طرح‌های توسعه شهری در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال در نظریه شهر خطی آرتور سوری^{۱۷} توسعه شهر در مجاورت سامانه حمل‌ونقل ریلی (به‌عنوان ستون فقرات شهر) انجام می‌گیرد. نظریه باغشهر ابنزر هوارد^{۱۸} و ویژگی‌های دو باغشهر لچ ورث^{۱۹} و ولوین^{۲۰} در انگلستان (به‌عنوان دو نمونه عملی باغشهر) نیز تشابه بسیار چشمگیری با مفهوم "توسعه با محوریت حمل‌ونقل همگانی" به عنوان حلقه اتصال بین ساختار فضایی شهر و حمل‌ونقل همگانی دارد.

^{۱۷} Arturo Soria

^{۱۸} Ebenezer Howard

^{۱۹} Letchworth

^{۲۰} Volovin



شهر خطی آرتور سوریا

علاوه بر نظریات فوق، بسیاری از شهرهای ساخته شده در اروپا و آسیا بعد از جنگ جهانی دوم (از جمله در ژاپن، سوئد و فرانسه) به طور ذاتی با محوریت حمل و نقل همگانی ایجاد و بازسازی شده‌اند، که امروزه از امتیازات فراوان اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آن بهره‌مند می‌شوند.

همانگونه که ذکر شد پیترو کالتروپ در سال ۱۹۹۳ اصطلاح "توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی" را ابداع نمود. در سالهای بعد کالتروپ و فولتون اقدام به توسعه این مفهوم نموده و سازماندهی رشد در سطح منطقه ای به منظور هدایت توسعه به سمت تراکم بالا و حمایت از حمل و نقل همگانی را به عنوان یکی از اصول TOD معرفی نمودند. برنیک و سرورو در سال ۱۹۹۷ با انتشار کتاب "دهکده‌های حمل و نقلی در قرن بیستم" این مفهوم را با عنوان "دهکده حمل و نقلی"^{۲۱} مطرح کردند. بلزر و آلتز در سال ۲۰۰۲، شش معیار مهم را برای موفقیت TOD مطرح نمودند که این معیارها عبارتند از: کارایی مکان، توجیه‌پذیری اقتصادی، برگشت سرمایه، سرزندگی، انتخاب، الگوی کاربری منطقه‌ای کارا. هال و چارلز نیز در سال ۲۰۰۶ بر عامل "حمایت از ذینفعان"، به عنوان یک عامل مهم برای موفقیت TOD تاکید نمودند. همچنین دانپی و همکاران در سال ۲۰۰۹ برای توسعه موفق پیرامون نواحی حمل و نقلی، اصولی را پیشنهاد کردند. جدول زیر بیانگر سیر تحول تاریخی مفهوم TOD پس از معرفی آن توسط کالتروپ می باشد:

سیر تحول تاریخی مفهوم TOD

^{۲۱} Transportation Village

| نظریه پرداز | تراکم | تحرک و دسترسی | شعاع | فرم | تنوع و اختلاط کاربری | سرمه اقتصادی | مشارکت پذیری |
|------------------------|----------------------------|---|------------------------------|--|--|---|------------------|
| کاتنورپ و قانون (۱۹۹۳) | تراکم بالا | تراکم و دسترسی پیاده‌مداری دوچرخه سواری حمل و نقل عمومی سریع بین نقاط شهر و منطقه | تراکم پایلی (۶۰۰-۸۰۰ متر) | چند مرکزی تراکم | سرزندگی | | |
| برینگ و سرورو (۱۹۹۷) | تراکم بالای جمعیت و اشتغال | مرکزیت حمل و نقل عمومی | | طراحی نانوالی سامانه اتوبوس سریع‌السير در شکل دهی فرم شهر | تنوع سگونتگاهی فشرده با کاربری مختلط فضاهای عمومی و مدنی اطراف | صرفه جویی در عصره سوخت | |
| پلوز واتر (۲۰۰۲) | | | | کارایی منطقه ای کارا | کارایی مکان کاربری منطقه ای کارا سرزندگی | توجه پذیری اقتصادی برگشت سرمایه | |
| هال و جارلز (۲۰۰۶) | | | | | | اقدامات حمایتی ذی نفعان | |
| هانسی و همکاران (۲۰۰۹) | | توسعه حمل و نقل پارکینگ توسعه حمل و نقل توسط اتوبوس | | توسعه حمل و نقل | اختلاط کاربری ایجاد مکان | توسعه خرده فروشی متناسب با بازار خودش گروه های درآمدی | مشارکت شرکتها |

۱.۳. عوامل و فاکتورهای کلیدی در توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی

"توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی" در بردارنده برنامه‌ریزی و طراحی کاربری زمین و شیوه‌های ساخت و ساز به منظور پشتیبانی، تسهیل و اولویت دادن به استفاده از حمل و نقل همگانی و همچنین شیوه‌های حمل و نقل غیرموتوری (پیاده‌روی^{۲۲} و دوچرخه‌سواری^{۲۳})، می‌باشد. اصول و قواعد توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی از منظر موسسه بین‌المللی ضوابط حمل و نقل و توسعه^{۲۴} عبارتند از:

۱. توسعه متراکم^{۲۵} و فشرده^{۲۶} منطقه
۲. برنامه‌ریزی برای کاربری‌های مختلط^{۲۷}
۳. توسعه شهری در مجاورت ایستگاه‌های حمل و نقل همگانی با کیفیت بالا^{۲۸}

^{۲۲} walking

^{۲۳} cycling

^{۲۴} Institute for Transportation and Development Policy

^{۲۵} Density

^{۲۶} compact

^{۲۷} Mixed land use

۴. ارتقا اتصال پذیری^{۲۹} با ارتقا تنوع مسیرهای دسترسی
۵. توسعه محله‌های دوستدار پیاده
۶. اولویت دادن به شبکه حمل‌ونقل غیرموتوری^{۳۰}
۷. افزایش تحرک پذیری^{۳۱} از طریق مدیریت پارکینگ‌ها و نحوه استفاده از خیابان‌ها

- توسعه متراکم و فشرده منطقه

تراکم کاربری‌های مسکونی و محل اشتغال از حمل‌ونقل همگانی پشتیبانی می‌کند. لذا برای هدایت رشد شهری به شکل شهر متراکم، بایستی مناطق شهری به‌جای رشد افقی به صورت عمودی رشد کنند. تراکم کاربری با محوریت حمل‌ونقل همگانی باعث ایجاد خیابان‌های پرجمعیت می‌شود که به نوبه خود باعث ایجاد محوطه‌های ایستگاهی زنده، فعال و ایمن می‌شود که برای زندگی جذابتر می‌باشند. البته این نوع تراکم محدودیت‌ها و نیازهایی را به دنبال دارد، از قبیل نیاز به روشنایی روز، گردش هوای تازه، دسترسی به پارک و فضای باز، حفاظت از منابع فرهنگی و تاریخی و حفاظت از سیستم‌های طبیعی. توسعه به صورت فشرده نیز، یکی از عناصر پیش نیاز برای توسعه شهری متراکم است. در یک شهر و ناحیه فشرده، فعالیت‌ها و کاربری‌های مختلف در مجاورت یکدیگر قرار گرفته که این امر منجر به کمینه شدن زمان سفر و انرژی صرف شده می‌گردد. همچنین با کوتاه شدن فاصله بین مبادی و مقاصد سفر، نیاز به احداث زیربنای شهری کاهش یافته و باعث حفظ زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی می‌شود.

- برنامه‌ریزی برای کاربری‌های مختلط

برنامه‌ریزی برای اختلاط کاربری‌های زمین به شکلی باید باشد که با ایجاد کاربری‌های متنوع و مکمل طول سفر را کاهش دهد. به‌عبارتی کاربری‌های مسکونی و غیرمسکونی به صورت مختلط در یک بلاک یا در بلاک‌های مجاور و همسایه قرار گیرد.

- ارتقا اتصال پذیری با ارتقا تنوع مسیرهای دسترسی

ایجاد مسیرهای کوتاه و مستقیم پیاده‌روی و دوچرخه سواری نیاز به شبکه‌ای از مسیرها و خیابان‌های با قابلیت اتصال بالا در اطراف بلوک‌های ساختمانی کوچک دارد. شبکه‌ای که بتواند چندین گزینه را برای سفرهای دوچرخه و پیاده پیشنهاد داده و در عین حال باعث افزایش جذابیت و تنوع مسیر شود. مواردی از جمله سرعت پایین وسایل نقلیه، کم‌عرض بودن سواره‌رو خیابان و وجود عابرین پیاده منجر به افزایش فعالیت در خیابان‌ها و تشویق تجارت محلی شود.

^{۲۸} High quality transit

^{۲۹} connect

^{۳۰} cycling

^{۳۱} mobility

- توسعه شهری در مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی با کیفیت بالا دسترسی و نزدیکی به خدمات حمل‌ونقل همگانی با ظرفیت بالا (مانند ایستگاه‌های مترو و اتوبوس‌های سریع‌السیر) پیش‌نیاز توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی بوده و نقش حساسی را ایفا می‌کند، چرا که تحرک‌پذیری شهری کارآمدی را فراهم کرده و از الگوهای توسعه فشرده و متراکم پشتیبانی می‌کند.

- افزایش تحرک‌پذیری (حمل‌ونقل همگانی) از طریق مدیریت پارکینگ‌ها و نحوه استفاده از خیابان‌ها هدف از افزایش تحرک‌پذیری، کمینه کردن زمین‌های اشغال شده توسط وسایل نقلیه شخصی (خیابان‌ها و پارکینگ‌ها) و تغییر آن به کاربری‌های دارای ارزش اجتماعی و اقتصادی بالا می‌باشد. این امر موجب کاهش نیاز به خودروهای شخصی می‌شود و پارکینگ‌ها تنها برای استفاده افراد ناتوان جسمی و حرکتی و یا خودروهای امدادی چون خودروی آمبولانس، آتش‌نشانی و غیره در نظر گرفته می‌شود.

- توسعه محله‌های دوستدار پیاده و دوچرخه پیاده‌روی طبیعی‌ترین، در دسترس‌ترین، سالم‌ترین و پاک‌ترین شیوه جابجایی در مسیرهای کوتاه و عنصری مورد نیاز در سفر با وسایل حمل‌ونقل همگانی می‌باشد. سه عامل کلیدی که پیاده‌روی را جذاب می‌کنند عبارتند از ایمنی، فعالیت و راحتی. دوچرخه یک شیوه جابجایی حمل‌ونقلی بدون آلودگی، سالم و در دسترس و یکی از تسهیلات سفرهای درب به درب می‌باشد. توجه به دوچرخه‌سواری محورهای زیر را در بر می‌گیرد: پارکینگ ایمن و خیابان ایمن.



۲. تحلیل اثرات توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی بر الگوی سفر

۳.۱ تراکم و فشردگی

تراکم به تعداد ساختمانها، افراد یا مشاغل در یک ناحیه مفروض دلالت می کند. فشردگی به فعالیتهای مرتبطی که در کنار یکدیگر قرار گرفته اند دلالت می کند. تراکم و فشردگی در مقیاسهای مختلفی قابل اندازه گیری می باشند. این مقیاسها می تواند شامل ناحیه، سطح، بخش، تقسیمات شهرداری، واحد همسایگی، تقسیمات آماری، بلوکهای شهری یا ساختمان منفرد باشد. این عوامل می تواند تاثیر بسزایی بر الگوهای سفر از طریق مکانیزمهای زیر داشته باشد:

- افزایش دسترسی به کاربری زمین و مجاورت مبادی و مقاصد سفر

توزیع فضایی فعالیتهای مربوط به مسکن، کار، خرید، تفریح و سایر فعالیتهای نشاندهنده متوسط فاصله سفر در حمل و نقل شهری می باشد. تراکم جمعیت باعث حفظ فواصل کوتاه بین مبدا و مقصد سفرهای شهری می شود. بالعکس توسعه شهری با تراکم کم باعث ازدیاد طول سفرها و افزایش سهم سفر با اتوموبیل شخصی می گردد. به عبارت دیگر تعداد مقاصد بالقوه واقع در یک ناحیه جغرافیایی همزمان با افزایش تراکم جمعیت و اشتغال افزایش یافته و باعث کاهش فواصل سفر و نیاز به سفر با اتوموبیل می شود

به عنوان مثال در مناطق با تراکم پایین یک مدرسه ممکن است مساحت بزرگی را پوشش دهد و باعث شود که بسیاری از دانش آموزان مجبور به استفاده از اتوموبیل شوند. در مناطق با تراکم بیشتر یک مدرسه ممکن است مساحت بسیار کمتری را تحت پوشش قرار دهد که این امر باعث کاهش متوسط فاصله سفر شده و به دانش آموزان اجازه دهد تا از شیوه دوچرخه سواری یا پیاده روی استفاده کنند.

- افزایش گزینه های حمل و نقل

تراکم افزایش یافته نیاز به افزایش تعداد گزینه حمل و نقل موجود در یک ناحیه دارد. این امر ناشی از اقتصاد مقیاس^{۳۲} می باشد. به عبارت دیگر مناطق دارای تراکم بیشتر به علت کارایی اقتصادی بیشتر باعث افزایش تسهیلات پیاده روی، دوچرخه سواری و خدمات حمل و نقل همگانی برای پاسخگویی به تقاضای بیشتر می شوند.

- تغییر شیوه مطلوب سفر از لحاظ کارایی فضایی

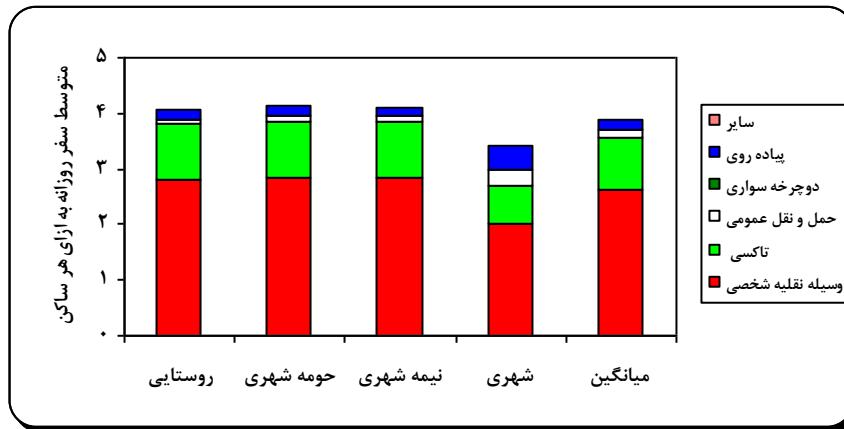
سفر با اتوموبیل نسبت به سایر شیوه های حمل و نقل نیاز به فضای راه و پارکینگ بیشتری دارد. بویژه آنکه هنگامی که سرعت وسایل نقلیه شخصی افزایش یابد، به علت افزایش فاصله توقف مورد نیاز برای هر اتوموبیل، فضای مورد نیاز افزایش می یابد. بنابراین تراکم افزایش یافته سبب کاهش سرعت ترافیک و افزایش تراکم ترافیک و در نتیجه افزایش هزینه های پارکینگ می شود و جذابیت سایر شیوه های حمل و نقل را بیشتر می کند. با توجه به این عوامل، تراکم افزایش یافته سبب کاهش سرانه مالکیت اتوموبیل و میزان استفاده از آن می شود و استفاده از سایر شیوه های سفر را افزایش می دهد. [۱]

مطالعات انجام شده در سایر کشورها نشان می دهد که ساکنین مناطق شهری پرتراکم در حدود ۲۵ درصد دارای سفر با اتوموبیل می باشند و میزان استفاده از شیوه پیاده روی و حمل و نقل همگانی دو برابر متوسط سایر شهرها می باشد. لوی^{۳۳} یکی از محققینی که در زمینه رابطه کاربری زمین و حمل و نقل تحقیق می کند در سال ۲۰۰۳ به این نتیجه رسید که توسعه مناطق مسکونی متراکم در مقایسه با توسعه مسکونی مرسوم می تواند باعث کاهش سرانه سفر با اتوموبیل به میزان بیش از ۲۷ درصد شود.

همچنین مطالعه انجام گرفته در خصوص الگوی سفر در حومه های شهری^{۳۴} در آمریکای شمالی و در شهر مونت گومری نشان می دهد که حساسیت^{۳۵} سهم شیوه حمل و نقل همگانی نسبت به تراکم کاربری زمین بین ۰,۱ الی ۰,۵۱ می باشد که بستگی به نوع کاربری زمین دارد. به عبارت دیگر با افزایش هر یک درصد به تراکم، استفاده از حمل و نقل همگانی بین ۰,۱ الی ۰,۵۱ درصد افزایش می یابد. [۲]

در مجموع نتایج مطالعات نشان دهنده این امر است که تراکم مقاصد (شامل محل کار و خرید) موثرتر از تراکم در نقاط مسکونی می باشد. شکل زیر نشان دهنده متوسط سرانه سفر روزانه بر حسب ناحیه جغرافیایی (با تراکمهای مختلف) می باشد.

رابطه متوسط سرانه سفر روزانه و تراکم جمعیت [۳]



نمودار فوق نشاندهنده استفاده کمتر از اتوموبیل در مناطق شهری و استفاده بیشتر از شیوه حمل و نقل عمومی و یا پیاده روی در این مناطق می باشد.

مطالعات انجام شده توسط لاب^{۳۶} و کنت وورسی^{۳۷} که از برجسته ترین محققین در این زمینه می باشند، نیز دلالت بر این امر دارد که افزایش تراکم شهر باعث کاهش قابل ملاحظه سفر با اتوموبیل می گردد. [۴] در این مطالعات شهرهای مختلف جهان مورد

^{۳۳} Lui

^{۳۴} - Suburb

^{۳۵} elasticity

^{۳۶} Laube

بررسی قرار گرفته و رابطه بین تراکم شهرها (نفر در هکتار) و سرانه وسیله نقلیه- کیلومتر بدست آمده است. این اتفاق نه تنها در مناطق با جمعیت کم درآمد بلکه در مناطق دارای سکنه پردرآمد نیز رخ می دهد. نمودار و جدول زیر نشاندهنده این ارتباط می باشند.

رابطه میزان سفر سالیانه و درصد پیاده روری، دوچرخه سواری و استفاده از حمل و نقل عمومی با تراکم جمعیت [۵]

| شهر | تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر مربع) | میزان سفر سالیانه (کیلومتر بر نفر) | درصد پیاده روی + دوچرخه سواری + حمل و نقل عمومی |
|---------|-----------------------------------|------------------------------------|---|
| هوستون | ۹ | ۲۵۶۰۰ | ۵ |
| ملبورن | ۱۴ | ۱۳۱۰۰ | ۲۶ |
| سیدنی | ۱۹ | - | ۲۵ |
| پاریس | ۴۸ | ۷۲۵۰ | ۵۶ |
| مونیک | ۵۶ | ۸۸۵۰ | ۶۰ |
| لندن | ۵۹ | - | ۵۱ |
| توکیو | ۸۸ | ۹۹۰۰ | ۶۸ |
| سنگاپور | ۹۴ | ۷۸۵۰ | ۴۸ |
| هنگ کنگ | ۳۲۰ | ۵۰۰۰ | ۸۲ |

در سال ۲۰۰۴ سه محقق به نامهای میندالی^{۳۸}، روه^{۳۹} و سالمون^{۴۰} داده های فوق را مجدداً مورد ارزیابی و تحلیل قرار دادند و دریافتند که فاکتورهای مهم مرتبط با تراکم که بر میزان استفاده از اتوموبیل مؤثر می باشند عبارتند از: سرانه مالکیت اتوموبیل، سرانه راه، تراکم در منطقه مرکزی تجاری شهر^{۴۱}، میزان عرضه پارکینگ در منطقه مرکزی تجاری شهر و سهم شیوه های مختلف حمل و نقل. [۶]

هولتزکلاو^{۴۲} در سال ۱۹۹۴ دریافت که فاکتورهای متوسط مالکیت اتوموبیل، میزان سفر با وسیله نقلیه شخصی و هزینه اتوموبیل در هر خانوار با افزایش تراکم مسکونی کاهش می یابد، در صورتیکه با تغییر در سایر فاکتورهای جمعیتی از جمله اندازه خانوار و درآمد این فاکتورها ثابت می مانند. [۷]

^{۳۷} Kenworthy

^{۳۸} Mindali

^{۳۹} Raveh

^{۴۰} Salomon

^{۴۱} CBD

^{۴۲} Holtzclaw



فرمول زیر نتایج یافته های او را نشان می دهد. از این مدل برای پیش بینی تاثیر الگوهای مختلف بر رفتار و الگوی سفر می توان استفاده نمود:

$$\text{مالکیت اتوموبیل در هر خانوار} = 2.702 \times D^{-0.25}$$

$$\text{وسيله نقلیه - كيلومتر سالیانه به ازای هر خانوار} = 34.27 \times D^{-0.25} \times TAI^{-0.76}$$

که در آن $TAI^{۴۳}$ بیانگر میزان دسترسی به حمل و نقل همگانی می باشد. همچنین واحد تراکم معادل تعداد خانوار در هر ایگر کاربری مسکونی می باشد و D معادل تراکم مسکونی ناحیه می باشد. همچنین میزان هزینه سالیانه هر خانوار برای اتوموبیل از فرمول زیر قابل محاسبه می باشد:

$$\text{هزینه سالیانه هر خانوار برای اتوموبیل} = \frac{2.203\$}{\text{vehicle}} + \frac{0.127\$}{\text{mile}}$$

جدول زیر که بر پایه فرمول هولتز کلاو به دست آمده بر نحوه تاثیر تراکم و تاثیر حمل و نقل همگانی بر میزان سفر با وسیله نقلیه شخصی به ازای هر خانوار و هزینه سالیانه خانوار برای اتوموبیل دلالت دارد. به عنوان مثال کاهش تراکم از ۲۰ واحد به ۵ واحد در هر ایگر باعث افزایش متوسط سفر سالیانه با اتوموبیل به میزان ۴۰ درصد می شود.

نحوه تاثیر تراکم و حمل و نقل همگانی بر میزان سفر با وسیله نقلیه شخصی و هزینه اتوموبیل [۷]

| تراکم | TAI=۱۰۰ | | TAI=۵۰ | | TAI=۲۰ | |
|-------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | VMT | هزینه | VMT | هزینه | VMT | هزینه |
| ۱۰۰۰ | ۴،۲۹۵ | ۱،۶۰۴\$ | ۴،۵۲۷ | ۱،۶۳۳\$ | ۴،۸۵۳ | ۱،۶۷۵\$ |
| ۵۰۰ | ۵،۱۰۷ | ۱،۹۰۷\$ | ۵،۳۸۳ | ۱،۹۴۲\$ | ۵،۷۷۲ | ۱،۹۹۲\$ |
| ۱۰۰ | ۷،۶۳۷ | ۲،۸۵۲\$ | ۸،۰۵۰ | ۲،۹۰۵\$ | ۸،۶۳۰ | ۲،۹۷۸\$ |
| ۵۰ | ۹،۰۸۲ | ۳،۳۹۲\$ | ۹،۵۷۳ | ۳،۴۵۴\$ | ۱۰،۲۶۳ | ۳،۵۴۲\$ |
| ۳۰ | ۱۰،۳۱۹ | ۳،۸۵۴\$ | ۱۰،۸۷۷ | ۳،۹۲۵\$ | ۱۱،۶۶۲ | ۴،۰۲۴\$ |

^{۴۳} Transit Accessibility Index

| | | | | | | |
|----|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| ۲۰ | ۱۱.۴۲۰ | ۴.۲۶۵\$ | ۱۲.۰۳۷ | ۴.۳۴۴\$ | ۱۲.۹۰۶ | ۴.۴۵۴\$ |
| ۱۰ | ۱۳.۵۸۰ | ۵.۰۷۲\$ | ۱۴.۳۱۵ | ۵.۱۶۵\$ | ۱۵.۳۴۷ | ۵.۲۹۶\$ |
| ۵ | ۱۶.۱۵۰ | ۶.۰۳۲\$ | ۱۷.۰۲۴ | ۶.۱۴۳\$ | ۱۸.۲۵۱ | ۶.۲۹۹\$ |
| ۳ | ۱۸.۳۵۰ | ۶.۸۵۳\$ | ۱۹.۳۴۲ | ۶.۹۷۹\$ | ۲۰.۷۳۷ | ۷.۱۵۷\$ |
| ۲ | ۲۰.۳۰۸ | ۷.۵۸۴\$ | ۲۱.۴۰۶ | ۷.۷۲۴\$ | ۲۲.۹۵۰ | ۷.۹۲۰\$ |

لازم به ذکر است که افزایش تراکم هم در نقاط مبدا و هم در نقاط مقصد باعث تغییر الگوی سفر می گردد. به عبارت دیگر با افزایش میزان تراکم در نقاط مسکونی که مبدا اغلب سفرها می باشند و هم افزایش میزان تراکم در نقاط تجاری که مقصد عمده سفرهای شهری را تشکیل می دهد، میزان سفر و خصوصیات سفر تغییر می یابد. در این خصوص دو محقق به نامهای فرانک^{۴۴} و پیوو^{۴۵} در سال ۱۹۹۵ به نتایج مهمی دست یافتند. در نتیجه مطالعات این دو، مشخص گردید که افزایش در تراکم کاربریهای مسکونی تا ۴۰ نفر در هر ایکر باعث افزایش استفاده از حمل و نقل همگانی به میزان ۲ الی ۷ درصد می گردد. در حالیکه افزایش در تراکم کاربریها و مراکز تجاری به میزان ۱۰۰ شاغل در هر ایکر باعث افزایش استفاده از حمل و نقل همگانی به میزان ۴ درصد می شود. همچنین در حالت اخیر سهم حمل و نقل همگانی از کل سفرها ۱۱ درصد افزایش می یابد. علاوه بر این افزایش تراکم علاوه بر سفرهای کاری بر روی سفرهای به منظور خرید نیز موثر می باشد.[۸]

هولتزکلاو در سال ۲۰۰۰ در ادامه مطالعات قبلی خود به این نتیجه رسید که تراکم جمعیت، کیفیت خدمات حمل و نقل همگانی، قابلیت پیاده روی و نحوه طراحی واحدهای همسایگی بر میزان وسیله نقلیه- مایل پیموده شده توسط هر خانوار تاثیر می گذارد. وی همچنین قیمت و میزان عرضه فضای پارکینگ و نیز نزدیکی واحدهای همسایگی به مراکز بزرگ و مهم شهری را از عوامل موثر بر میزان سفر با اتوموبیل برشمرد. بر پایه نتایج این مطالعات در صورتیکه تعداد خانوار ساکن در هر ایکر (تراکم مسکونی) از حدود ۱ به ۳۰ افزایش پیدا کند مسافت سفر سالانه از ۲۵۰۰۰ مایل در سال به کمتر از ۱۰۰۰۰ مایل یعنی بیش از ۵۰ درصد کاهش می یابد. [۹]

فرانک و استون^{۴۶} در سال ۲۰۰۰ تحلیل فاکتورهای کاربری را بر روی میزان آلودگی هوا که تابعی از میزان سفر می باشد مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات انجام گرفته نشان می دهد که افزایش در تراکم مسکونی و نیز تراکم مشاغل و نحوه اتصال به شبکه خیابانهای شهر، باعث کاهش وسیله نقلیه- مایل، زمان سفر و در نتیجه کاهش آلودگی هوا می شود. [۱۰]

علاوه بر این اثر تراکم شهری بر آلودگی هوا از طریق محاسبه رابطه این فاکتور بر بنزین مصرف شده نیز قابل بررسی می باشد. این محاسبه توسط دو محقق برجسته کنت وورسی و نیومن^{۴۷} در سال ۱۹۸۹ صورت گرفته است. همانگونه که در شکل زیر مشاهده می شود در شهرهایی که دارای تراکم جمعیت کمتری هستند مصرف سرانه بنزین در سال به صورت لگاریتمی افزایش می یابد که نتیجه آن افزایش آلودگی هوا و دور شده از سیاستها و ضوابط حمل و نقل پایدار می باشد.

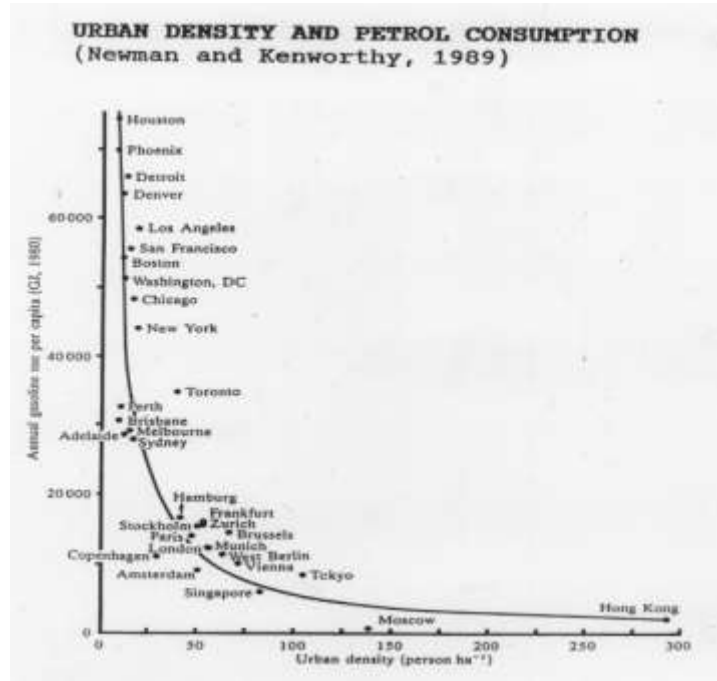
^{۴۴} Frank

^{۴۵} Pivo

^{۴۶} Stone

^{۴۷} Newman

رابطه تراکم و مصرف بنزین [۱۱]



در مقایسه میزان تاثیر تراکم مسکونی و تراکم اشتغال بر سهم شیوه های حمل و نقل نیز مطالعات مختلفی انجام شده که مهمترین آنها تحقیقی است که توسط فرانک و پیوو در سال ۱۹۹۵ انجام شد. یافته های این دو محقق نشان می دهد که تراکم مسکونی در مقایسه با تراکم اشتغال تاثیر کمتری بر انواع مختلف شیوه های حمل و نقل اعم از سفر با اتوموبیل، پیاده روی، دوچرخه سواری و حمل و نقل همگانی دارد.

با رسیدن تراکم مناطق دارای کاربری شغلی به ۵۰ الی ۷۰ شاغل در هر ایکر، سفرهای روزمره رفت و برگشتی^{۴۸} با اتوموبیل به میزان قابل توجهی کاهش می یابد که در این شرایط نیاز به ارائه تسهیلات حمل و نقل عمومی و پشتیبانی از این شیوه سفر و نیز بهبود دسترسی به خدمات جانبی از جمله رستورانها و مراکز خرید می باشد. [۸]

ذکر این نکته ضروری است که تفاوت های ایجاد شده در الگوی سفر و نحوه رفتار ترافیکی ناشی از تغییر تراکم لزوماً ناشی از تاثیر مستقیم تراکم نمی شود، بلکه ممکن است ناشی از آثار غیرمستقیم تراکم از جمله تغییر در فاکتورهای جمعیتی باشند. به عنوان مثال افراد دارای درآمد پایین با توجه به اینکه قادر به تملک وسیله نقلیه شخصی و یا پرداخت هزینه آن نمی باشند، ترجیح می دهند که محل سکونت خود را در مناطق متراکم تر انتخاب کنند تا از این طریق با امکان شهری دسترسی بیشتر و کم هزینه تری داشته باشند. بنابراین در برخی موارد کاهش میزان سفر با اتوموبیل در نواحی متراکم می تواند ناشی از تاثیر ثانویه تراکم باشد. در نتیجه افزایش تراکم مسکونی ممکن است باعث کاهش میزان رانندگی با اتوموبیل به میزانی که تفاوت های حاصل از مطالعات نشان می دهد، نشود.

^{۴۸} Commuter

در هر حال مطالعات انجام شده توسط بنفیلد^{۴۹}، رایمی^{۵۰} و چن^{۵۱} ضمن تایید این مطلب نشان می دهد که میزان وسیله نقلیه- مایل پیموده شده توسط تمامی گروههای که در مناطق متراکم شهری قرار دارند، به نسبت سایر مناطق کمتر می باشد. [۱۲] اوینگ^{۵۲} در سال ۱۹۹۷ نشان داد که در صورت کنترل و ثابت بودن سایر متغیرها (از جمله متغیرهای جمعیتی) با دو برابر شدن تراکم شهری، شاخص VMT ۲۵ الی ۳۰ درصد کاهش می یابد. [۱۳]

با توجه به مطالب ارائه شده می توان اینگونه نتیجه گرفت که تراکم از راههای مختلفی از جمله مجاورت مبادی و مقاصد سفر، افزایش گزینه های حمل و نقل و افزایش هزینه های پارکینگ و کارایی سیستم حمل و نقل عمومی بر الگوی سفر تاثیر می گذارد. اینکه کدامیک از این عوامل بیشترین تاثیر را بر روی سفر می گذارد، بستگی به شرایط دارد.

بارنت^{۵۳} و کرین^{۵۴} در سال ۲۰۰۱ فرض کردند که بهترین شیوه برای بررسی و پیش بینی چگونگی و نحوه تاثیر فاکتورهای کاربری زمین بر الگوی سفر این است که تاثیر آنها را بر افراد مورد بررسی قرار دهند. [۱۴]

تغییراتی که باعث افزایش راحتی سفر و یا کاهش هزینه های سفر در هریک از شیوه های حمل و نقل شود باعث ترغیب استفاده از آن شیوه شده و بالعکس تغییراتی که باعث کاهش راحتی و افزایش هزینه هریک از شیوه های حمل و نقل شود، سهم این شیوه را کاهش خواهد داد. فاکتورهایی مانند راحتی و هزینه سفر در مجموع به عنوان شاخص مطلوبیت^{۵۵} بیان می شود.

در برنامه ریزی شهری اغلب به تراکم به عنوان یک نیاز برای حمل و نقل عمومی نگاه می شود. برنامه ریزان شهری عموماً فرض می کنند که برای ارائه تسهیلات پایه حمل و نقل همگانی نیاز به حداقل تراکم ۱۲ ساکن یا شاغل در هر ایگر می باشد. در حالیکه این امر در همه موارد صادق نمی باشد. در بسیاری از مناطقی که دارای تراکم کمتر از این مقدار می باشند، وجود انگیزه های مالی ممکن است باعث افزایش سهم حمل و نقل همگانی گردد در حالیکه در سایر مناطق متراکم تر به علت سطح بالای درآمد، انگیزه کافی برای استفاده از این شیوه وجود ندارد. در این گونه موارد استفاده از استراتژیهای مدیریت تقاضای سفر در افزایش سهم حمل و نقل همگانی و کاهش میزان سفر با اتوموبیل بسیار موثر می باشد.

بنابراین تراکم علاوه بر تاثیر بر الگوی سفر دارای اثرات عمده ای بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی و محیطی شهر می باشد که می توانند به طور غیر مستقیم بر الگوهای سفر موثر باشند. هرچند یک تئوری متعارف برنامه ریزی تراکم زیاد را منشا افزایش جرم و جنایت و مریضی دانسته و آن را به علت اینکه میزان مسائل و مشکلات فراوان می باشند نامناسب می داند، ولی نظریه افرادی مانند خانم جیکوبز^{۵۶} با این فرض موافق نیست. [۱۵]

^{۴۹} Benfield

^{۵۰} Raimi

^{۵۱} Chen

^{۵۲} Ewing

^{۵۳} Boarne

^{۵۴} Crane

^{۵۵} Utility

^{۵۶} Jacobs



وی نشان میدهد که چگونه تراکم زیاد افراد، برای حیات شهر و رشد اقتصادی جامعه و شهر حیاتی است. البته وی تراکم را شرط لازم دانسته و آن را به تنهایی برای به وجود آمدن یک محیط سالم کافی نمی داند. وی با استفاده از مثالهای عینی و محسوس روشن می سازد که چگونه تراکم بالا، مواد حیاتی مورد نیاز افراد را برای پشتیبانی از جامعه پویا بوجود می آورد.

۳,۲ کاربری زمین مختلط

کاربری زمین مختلط (مانند نزدیک بودن تسهیلات عمومی و تجاری در مجاورت مناطق مسکونی) می تواند باعث کاهش سرانه سفر با اتوموبیل شود. این نوع کاربری می تواند باعث کاهش فواصلی شود که ساکنین باید برای رسیدن به تسهیلات طی کنند و اجازه پیاده روی و دوچرخه سواری را به میزان بیشتری فراهم می کند. کاربری مختلط همچنین بر طول فواصل سفرهای رفت و برگشتی روزانه شاغلین موثر بوده و بسیاری از ساکنین می توانند شغلهایی را در اماکن تجاری نزدیک به محل سکونت خود یافته و با راحتی بسیار بیشتری از شیوه های حمل و نقل جایگزین اتوموبیل استفاده کنند. [۱۶]

مطالعه انجام شده توسط موسسه SCCL در سال ۱۹۹۹ در کالیفرنیا جنوبی نشان می دهد که قسمتی از دانش آموزان که از طریق پیاده روی به مدارس قدیمی می روند بسیار بیشتر از مقداری است که به مدارس جدید واقع در حاشیه شهر می روند. [۱۷]

کرورو^{۵۷} و دونکن^{۵۸} در سال ۲۰۰۳ نشان دادند که کاربری زمین مختلط قدرتمندترین فاکتور طراحی شهری است که بر روی تمایل ساکنین برای ایجاد سفرهای پیاده تاثیر می گذارد. خصوصیات خوشایند بصری و مراکز خدمات جانبی همانند فروشگاهها و رستورانهای واقع در محل کار و یا مسیر پیاده روی می تواند باعث کاهش تعداد سفرهای مربوطه و افزایش استفاده از حمل و نقل همگانی شود، زیرا بدون این امکانات شاغلین مجبورند برای صرف غذا و استفاده از امکانات جانبی در خلال ساعات استراحت از اتوموبیل استفاده کنند. [۱۸]

مطالعه جداگانه ای که در این مورد توسط دیویدسون^{۵۹} در سال ۱۹۹۴ انجام گرفته نشان می دهد که حضور اماکن خدماتی مانند بانکها و خودپردازها، مهد کودک، خدمات پستی و رستورانها در محل کار و یا در مجاورت آنها باعث کاهش میانگین هفتگی سفر با وسیله نقلیه شخصی به میزان ۱۴ درصد می شود که این امر ناشی از کاهش تعداد سفرها و نیز افزایش سهم حمل و نقل جمعی می باشد. علاوه بر این امکانات مذکور سبب افزایش انگیزه و رضایت و در نتیجه بهره وری شاغلین می شود. [۱۹]

در جدول زیر نتایج مطالعه انجام گرفته بر روی چگونگی تاثیر اشکال مختلف کاربری زمین بر نرخ رفت و آمد روزانه با اتوموبیل تک سرنشین را بیان می کند. امکانات مهم شامل خدمات خودپرداز بانکی، مهدکودکها، رستورانها و خدمات پستی می باشند.

^{۵۷} Cervero

^{۵۸} Duncan

^{۵۹} Davidson

جدول ۵-۳- تاثیر اشکال مختلف کاربری زمین بر نرخ رفت و آمد روزانه با اتوموبیل تک سرنشین [۲۰]

| اختلاف | با | بدون | خصوصیات کاربری زمین |
|--------|------|------|-----------------------------------|
| -۰,۹ | ۷۰,۸ | ۷۱,۷ | ترکیب کاربریها |
| -۱,۶ | ۷۰,۵ | ۷۲,۱ | دسترسی به خدمات |
| -۲,۸ | ۶۹,۶ | ۷۲,۴ | دسترسی به سرویسهای حمل و نقل راحت |
| -۲,۶ | ۷۰,۶ | ۷۳,۲ | احساس ایمنی |
| -۵,۷ | ۶۶,۶ | ۷۲,۳ | چیدمان شهری زیبا |

لازم به ذکر است در خصوص اینکه تعادل کار و مسکن (جانمایی مراکز اشتغال در مجاورت مناطق مسکونی) تا چه حد می تواند باعث کاهش سفر با اتوموبیل شود نظرات مختلفی وجود دارد. موافقین استدلال می کنند که ترکیب کاربری مسکونی و اشتغال در مقایسه با کاربریهای ساده می تواند باعث کاهش سفرهای رفت و برگشتی روزانه شود. درحالیکه منتقدین استدلال می کنند که خانوارهای محدودی محل سکونت خود را بر پایه حداقل کردن میزان سفرهای رفت و برگشتی روزانه انتخاب می کنند. بنابراین ترکیب کاربری مسکونی و اشتغال به این معنی نیست که شاغلین در محل کار خود سکونت خواهند یافت. به هرحال مطالعات مختلفی مویید این مطلب می باشد که افزایش تعادل کار/ سکونت باعث کاهش سفر با وسیله نقلیه شخصی می شود.

کاربری مختلط زمین علاوه بر مزایای ناشی از تغییر در الگوی سفر دارای مزایای فراوان دیگری می باشد که برجسته ترین مطالعات را در این زمینه محققى به نام جین جیکوبز انجام داده است. از دیدگاه جیکوبز شهر سالم شهری ارگانیک، درهم پیچیده و خودرو می باشد که بر پایه های اقتصاد، معماری و تنوع انسانی استوار بوده و از خصوصیاتى همچون کاربری مختلط و تراکم جمعیت برخوردار می باشد. [۱۵]

۳,۳ حمل و نقل همگانی

توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی به شکل قابل توجهی می تواند باعث کاهش سرانه سفر با اتوموبیل شود. توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی به طراحی مناطق مسکونی و تجاری به منظور حداکثر کردن حمل و نقل همگانی و حمل و نقل غیرموتوری اشاره می کند. ایستگاههای اتوبوس و سایر شیوه های عمومی از جمله قطار سبک شهری^۶ به عنوان کاتالیزوری برای کاربریهای که از طریق تراکم بالاتر، کاربری مختلط و ... دارای سطح دسترسی بالاتر می باشند، عمل می کند.

خانوارهایی که در مناطق و واحدهای همسایگی با محوریت حمل و نقل عمومی زندگی می کنند تمایل کمتری به تملک اتوموبیل دارند و افراد شاغل در اینگونه مناطق تمایل بیشتری به استفاده از شیوه های جایگزین اتوموبیل دارند، زیرا برای مراجعه به مکانهایی نظیر رستوران در ساعات استراحت احتیاج به اتوموبیل ندارند.

توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی باعث افزایش سهم حمل و نقل همگانی و افزایش سفرهای غیرموتوری و نیز کاهش سفر با اتوموبیل می شوند. از طرف دیگر این شیوه توسعه در مجموع باعث کاهش تعداد کل سفرها می شود. تحقیقات بین المللی انجام

^۶: Light Rail Transit (LRT)

شده توسط کنت وورسی و نیومن در سال ۱۹۹۸ نشان می دهد که هر مسافر-کیلومتر از سفر با حمل و نقل ریلی باعث کاهش ۵ تا ۷ کیلومتر از سفر با اتوموبیل از طریق مکانیزمهای مختلف می شود. [۲۱]

به بیان دیگر علاوه بر اینکه مقداری از سفرها مستقیماً از سهم حمل و نقل شخصی به حمل و نقل عمومی منتقل می شود، در مجموع طول سفرها کاهش می یابد.

هس^{۶۱} و اونگ^{۶۲} در سال ۲۰۰۱ به این نتیجه رسیدند که احتمال مالکیت اتوموبیل در مناطق با کاربری سنتی که دارای کاربری مختلط می باشند، به علت برخورداری از گزینه های مختلف حمل و نقل جایگزین مانند پیاده روی، اتوبوس و نیز هزینه های بالاتر استفاده از اتوموبیل، به میزان ۳۱ درصد کاهش می یابد. [۲۲]

مطالعاتی نیز در منطقه اورنکو شهر پورتلند صورت گرفته که حاصل آن نشان می دهد که ۶۹ درصد ساکنین از حمل و نقل همگانی بیش از زمانی که در سایر مناطق بوده اند استفاده می کنند و ۶۵ درصد نیز تمایل دارند که در آینده بیش از میزان استفاده کنونی از این شیوه استفاده کنند. [۲۳] نکته قابل توجه این است که منطقه اورنکو جزو مناطقی است که دارای الگوی توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی می باشد.

در شهر ونکوور نیز مطالعه کاملی در خصوص واحدهای همسایگی واقع در مجاورت ایستگاههای حمل و نقل همگانی ریلی، توسط بونت^{۶۳} و جویس^{۶۴} انجام شده است. این مطالعه نشان می دهد که خانواده های واقع در ۳۰۰ متری ایستگاهها به طور میانگین ۱۰ درصد کمتر از خانوارهای واقع در ۱۰۰۰ متری ایستگاه و ۳۱ درصد کمتر از مناطق حومه ای دورتر، دارای اتوموبیل می باشند. [۲۴]

در مجموع می توان گفت خدمات حمل و نقل همگانی می توانند باعث تسهیل الگوهای توسعه کاربری زمین شوند ولی تنها یکی از عوامل می باشند و به تنهایی نمی توانند سبب تغییرات عمده در کاربری زمین و یا تغییر الگوی سفر شوند. به عبارت دیگر اگر منطقه ای برای توسعه آماده باشد، تسهیلات حمل و نقل همگانی بهبود یافته می تواند به عنوان کاتالیزوری برای توسعه مناطق متراکم تر شود. جدول زیر نشان می دهد که چگونه انواع مختلف طراحی کاربری زمین می تواند به طور تقریبی سرانه سفر با اتوموبیل را در مقایسه با توسعه سنتی، کاهش دهد.

جدول ۴-۵- تاثیر انواع مختلف طراحی کاربری زمین بر سرانه سفر با اتوموبیل [۲۵]

| الگوی طراحی | درصد کاهش سفر با وسیله نقلیه |
|--|------------------------------|
| توسعه مسکونی در اطراف مراکز حمل و نقل همگانی | ۱۰ |
| توسعه تجاری در اطراف مراکز حمل و نقل همگانی | ۱۵ |

^{۶۱} Hess

^{۶۲} Ong

^{۶۳} Bunt

^{۶۴} Joyce

| | |
|----|--|
| ۵ | توسعه مسکونی در طول مراکز حمل و نقل همگانی |
| ۷ | توسعه تجاری در طول مراکز حمل و نقل همگانی |
| ۱۵ | توسعه مسکونی مختلط در اطراف مراکز حمل و نقل همگانی |
| ۲۰ | توسعه تجاری مختلط در اطراف مراکز حمل و نقل همگانی |
| ۷ | توسعه مسکونی مختلط در طول مراکز حمل و نقل همگانی |
| ۱۰ | توسعه تجاری مختلط در طول مراکز حمل و نقل همگانی |
| ۵ | توسعه مسکونی مختلط |
| ۷ | توسعه تجاری مختلط |

۳،۴ اتصال پذیری شبکه راهها

طراحی راهها از طرق مختلفی می تواند بر رفتار و الگوی سفر موثر باشد. یک شبکه راه "متصل" در مقایسه با شبکه راههای سلسله مراتبی مرسوم که دارای تعداد زیادی خیابان بن بست می باشد، می تواند دسترسی به مراتب بهتری را ایجاد کند. [۲۶]

افزایش اتصال با کاهش فواصل بین مقاصد سفر و با بهبود شرایط پیاده روی و دوچرخه سواری، بویژه در راههای میانبر، می تواند بطور موثری باعث کاهش سفر با وسیله نقلیه شود. این امر ناشی از سریعتر بودن پیاده روی و دوچرخه سواری در مقایسه با رانندگی می باشد. همچنین طراحی مناسب راهها می تواند از حمل و نقل همگانی پشتیبانی کند.

مدلسازی ترافیک انجام شده توسط سه محقق به نامهای کولاش^{۶۵}، آنجلین^{۶۶} و مارکس^{۶۷} پیش بینی می کند که شبکه راههای متصل در مقایسه با شبکه راههای سنتی باعث کاهش ۵۷ درصدی در شاخص VMT در درون واحدهای همسایگی می شود. با توجه به اینکه میزان سفرهای انجام شده در درون واحدهای همسایگی در حدود ۵ الی ۱۵ درصد از کل سفرها را شامل می شود، بنابراین با ضرب دو عدد فوق می توان دریافت که سرانه VMT در مجموع ۳ الی ۱۰ درصد کاهش می یابد. [۲۷]

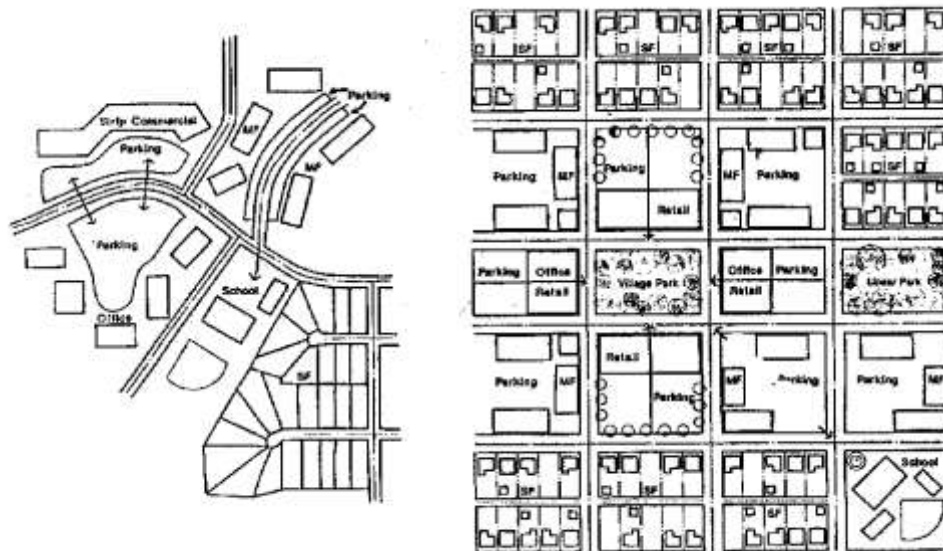
هرچند مدل‌های موجود برای پیش بینی نحوه تاثیر تغییر در اتصال شبکه بر الگوی سفر از دقت بالایی برخوردار نمی باشند، می توان استدلال نمود که بهبود شرایط پیاده روی و کاربریهای زمین قابل دسترس تر می توانند علیرغم افزایش در تعداد کل سفرها، باعث کاهش سفر با اتوموبیل شوند. در مناطقی که سایر فاکتورها دارای اثر مثبت باشند، اتصال بیشتر شبکه راهها احتمالاً دارای اثر هر چند کوچکی بر سرانه وسیله نقلیه-کیلومتر باشد.

شکل زیر نحوه تاثیر سیستم راههای متصل بر میزان سفر در مقایسه با شبکه راههای سنتی که دارای درصد زیادی خیابان بن بست می باشند، را به صورت شماتیک نشان می دهد.

^{۶۵} Kulash

^{۶۶} Anglin

^{۶۷} Marks



تأثیر سیستم راهها بر میزان سفر

همانطور که در شکل دیده می شود در سیستم راههای سلسله مراتبی (شکل سمت چپ) خیابانهای بن بست زیادی وجود دارد و برای بسیاری از سفرها نیاز به عبور شبکه راههای شریانی می باشد. درحالیکه در سیستم راههای متصل که در تصویر سمت راست دیده می شود، اجازه سفر مستقیم بین مقاصد مختلف وجود دارد و شیوه حمل و نقل غیرموتوری بسیار کاراتر می باشد.

اتصال راهها توسط شاخص "اتصال" مورد ارزیابی قرار می گیرد. این شاخص برابر است با نسبت تعداد لینک ها (مقاطع راه بین تقاطعات و بن بستها) به تعداد گره ها (تقاطعها و نقاط انتهایی خیابانهای بن بست). این شاخص می تواند به صورت جداگانه برای سفرهای پیاده، دوچرخه سواری و یا سفر با وسیله نقلیه موتوری مورد محاسبه قرار گیرد. بدین صورت که برای سفرهای پیاده و یا دوچرخه تنها میانبرهایی که مورد استفاده حمل و نقل غیر موتوری قرار می گیرد، مورد استفاده واقع شوند.

۳.۵ تغییر در فضای اختصاص یافته به حمل و نقل شخصی

علیرغم تصور عمومی، رابطه فضای اختصاص یافته به راهها و میزان سفر دارای رابطه معکوس می باشد. به عبارت دیگر افزایش مساحت سرانه راهها نه تنها باعث کاهش میزان سفر نمی شود بلکه در بلندمدت باعث افزایش تقاضای سفر نیز می گردد. برای بررسی این موضوع مقایسه و بررسی وضعیت شهرهای مختلف جهان بسیار مفید می باشد.

رابطه فضای اختصاص یافته به راهها و میزان سفر [۲۸]

| شهر | تراکم راهها (کیلومتر بر کیلومتر مربع) | سهم راهها از مساحت شهر (%) | مساحت سرانه راه (متر مربع بر نفر) |
|--------------|--|-------------------------------|--------------------------------------|
| ابره‌های چین | حدود ۴ الی ۶ | حدود ۵ الی ۷ | حدود ۶ |
| توکیو | ۱۸,۹ | ۱۴,۹ | ۱۰,۹ |
| لندن | ۱۸,۱ | ۲۴,۱ | ۲۸,۰ |
| نیویورک | ۸ | ۱۶,۶ | ۲۶,۳ |

همانگونه که در جدول فوق دیده میشود سهم فضای اختصاص یافته به راهها از کل مساحت شهر در شهرهای اروپایی، آمریکا و ژاپن در حدود ۱۵ الی ۲۵ درصد می باشد. بر عکس شهرهای چین تنها ۵ الی ۷ درصد از مساحت شهرهای خود را به راهها اختصاص داده اند. از لحاظ مساحت سرانه راه، هر فرد در شهر شانگهای چین به طور متوسط ۶ متر مربع را به خود اختصاص می دهد در حالیکه در شهر نیویورک هر فرد بیش از ۲۶ متر مربع راه را در اختیار دارد. بنابراین اختلاف قابل ملاحظه ای بین سرانه فضای راه بین شهرهای مختلف جهان وجود دارد.

از طرف دیگر اختصاص فضای شهر به راهها دارای اثر نامطلوبی بر کیفیت شهرها بوده و افراد را از پیاده روی و دوچرخه سواری باز می دارد. همچنین این مساله باعث می گردد که خوانوارهایی که دارای استطاعت مالی کافی می باشند، به سمت مناطق پاکیزه و کم سروصداتر حومه شهر سوق پیدا کنند. این نوع توسعه شهری که اغلب ویژه کشورهای آمریکای شمالی می باشد الگوی مناسبی برای کشورهای متراکم آسیا و آمریکای لاتین نمی باشد.

تصاویر دو شهر سیاتل و سنگاپور نشاندهنده فرمهای مختلف شهری و کاربری متفاوت حمل و نقل در این دو شهر می باشد. در حالیکه توسعه شهرها به سبک شهرهای آمریکایی باعث ایجاد زمینهای بلااستفاده می شود، شهرهای آسیا همانند شهرهای اروپا نشاندهنده تراکم بیشتر و تنوع بیشتر کارکردها می باشند.



شهر سیاتل نمونه شهرهای سبک آمریکایی و شهر سنگاپور نمونه شهرهای سبک آسیایی/اروپایی

الگوی حمل و نقل در شهرهای آسیایی، اروپایی و آمریکا [۴]

| شهرهای آمریکا | شهرهای اروپایی | شهرهای آسیایی | الگوی حمل و نقل |
|---------------|----------------|---------------|---|
| ۶,۷ | ۲,۴ | ۱,۱ | طول ویژه راهها (متر بر نفر) |
| ۸۹ | ۱۱۵ | ۱۲۲ | تراکم راهها (متر بر هکتار) |
| ۵ | ۱۸ | ۱۹ | حمل و نقل غیر موتوری (پیاده+دوچرخه، درصد از سفرهای کاری) |
| ۳ | ۲۳ | ۴۸ | نقش حمل و نقل عمومی (درصد از کل مسافر-کیلومتر) |
| ۱۱۱۵۵ | ۴۵۱۹ | ۱۳۹۷ | میزان سرانه استفاده از اتومبیل (کیلومتر بر نفر- سال) |
| ۶۰۸ | ۳۹۲ | ۱۰۹ | مالکیت اتومبیل (اتومبیل به ازای هر صد نفر) |

جدول فوق به روشنی نشان می دهد که افزایش طول ویژه راهها (متر بر نفر) نه تنها باعث کاهش سفر با اتومبیل نمی شود، بلکه باعث کاهش سفرهای غیرموتوری و نیز کاهش سهم حمل و نقل همگانی نیز می گردد.

۳,۶ پیاده روی و دوچرخه سواری

بسیاری از تحقیقات نشان می دهد که مردم در مناطق تجاری سنتی که دارای محوریت پیاده روی می باشند و ورودی ساختمانها به صورت مستقیم به پیاده رو ختم می شود، در مقایسه با مناطق تجاری اتومبیل محور که ساختمانها دارای عقب نشینی بوده و بوسیله محوطه های بزرگ پارکینگ از پیاده روها تفکیک شده اند، تمایل بیشتری به پیاده روی دارند و میزان رانندگی در این مناطق کمتر می باشد.

۴. نتیجه گیری

در این مقاله در ابتدا به معرفی و بررسی پیشینه شهرسازی ریل پایه پرداخته شده و سپس عوامل کلیدی مطرح در توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس به تاثیرات الگوی توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی بر رفتار ترافیکی و الگوی سفر پرداخته شده و طیف وسیعی از عوامل مطرح در توسعه با محوریت حمل و نقل همگانی از جمله تراکم، کاربری مختلط، نحوه اتصال کاربریهای مختلف به شبکه حمل و نقل و نحوه دسترسی به شیوه های مختلف حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق نشان دهنده این امر است که این عوامل منجر به کاهش سرانه استفاده از اتومبیل و افزایش استفاده از حمل و نقل همگانی شده و سرمایه گذاری در حمل و نقل همگانی را از لحاظ اقتصادی کاراتر می نماید.



منابع:

- 1- Jack Faucett Associates and Sierra Research, Granting Air Quality Credit for Land Use Measures; Policy Options, Office of Mobile Sources, USEPA, 1999
- 2- Robert Cervero, "Built Environments and Mode Choice: Toward a Normative Framework," Transportation Research D, 2002.
- 3- National Personal Transportation Survey (NPTS) , 1995
- 4- Jeffrey R. Kenworthy and Felix B. Laube, An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities, 1960-1990, University Press of Colorado (Boulder), 1999.
- 5- International Association for Public Transport(UITP),2001
- 6- Orit Mindali, Adi Raveh and Ilan Salomon, "Urban Density and Energy Consumption: A New Look At Old Statistics," Transportation Research A, Vol. 38, No. 2, 2004
- 7- John Holtzclaw, Using Residential Patterns and Transit to Decrease Auto Dependence and Costs, National Resources Defense Council, 1994
- 8- Lawrence Frank and Gary Pivo, "Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: SOV, Transit and Walking," Transportation Research Record 1466, 1995
- 9- John W. Holtzclaw, Smart Growth – As Seen From The Air: Convenient Neighborhood, Skip The Car, Air & Waste Management Association's 93rd Annual Meeting, 2000
- 10-Lawrence Frank, Brian Stone Jr. and William Bachman, "Linking Land Use with Household Vehicle Emissions in the Central Puget Sound: Methodological Framework and Findings," Transportation Research D, Vol. 5, No. 3, , 2000
- 11- Peter Newman and Jeffrey Kenworthy, Cities and Automobile Dependence, Gower,1989
- 12- F. Kaid Benfield, Matthew D. Raimi, and Donald Chen, Once There Were Green fields: How Urban Sprawl is Undermining America's Environment, Economy and Social Fabric, Natural Resources Defense Council & Surface Transportation Policy Project, 1999
- 13- Reid Ewing, "Is Los Angeles-Style Sprawl Desirable?" Journal of the American Planning Association, Vol. 63. No. 1, 1997
- 14- Marlon Boarnet and Randall Crane, "The Influence of Land Use on Travel Behavior: A Specification and Estimation Strategies," Transportation Research A, Vol. 35, No. 9, 2001
- 15- Jacobs , Jane, "The Death and Life of Great American Cities", Random House, 1961
- 16- Ali Modarres, "Evaluating Employer-Based Transportation Demand Management Programs," Transportation Research Record A, Vol. 27, No. 4, 1993
- 17- SCCCL, Waiting for the Bus: How Lowcountry School Site Selection and Design Deter Walking to School, Southern Carolina Coastal Conservation League, 1999
- 18- Robert Cervero and Michael Duncan, "Walking, Bicycling, And Urban Landscapes: Evidence From The San Francisco Bay Area," American Journal of Public Health, vol. 93, No. 9, 2003
- 19- Diane Davidson, Corporate Amenities, Trip Chaining and Transportation Demand Management, Federal Highway Administration (Washington DC), 1994.
- 20- Cambridge Systematics, The Effects of Land Use and Travel Demand Management Strategies on Commuting Behavior, Travel Model Improvement Program, US DOT, 1994.
- 21- Peter Newman and Jeffrey Kenworthy, Sustainability and Cities; Overcoming Automobile Dependency, Island Press, 1998
- 22- Daniel Hess and Paul Ong, Traditional Neighborhoods and Auto Ownership, Lewis Center for Public Policy Studies, UCLA , 2001.
- 23- Bruce Podobnik, Portland Neighborhood Survey: Report on Findings from Zone 2: Orenco Station, Lewis and Clark College, 2002



- 24- Paul Bunt and Peter Joyce, Car Ownership Patterns Near Rapid Transit Stations, Canadian Institute of Transportation Engineers ,1998.
- 25- Deborah Dagang, Transportation Impact Factors – Quantifiable Relationships Found in the Literature , JHK & Associates for Oregon DOT, 1995
- 26- Susan Handy, Robert G. Paterson and Kent Butler, Planning for Street Connectivity: Getting From Here to There, Planning Advisory Service Report 515, American Planning Association, 2004
- 27- Walter Kulash, Joe Anglin and David Marks, “Traditional Neighborhood Development: Will the Traffic Work?”, Development 21, 1990
- 28- CCICED/TWG Urban Transport and Environment Workshop, Beijing , April 1999