



مدل یکپارچه آلودگی هوا، کاربری زمین و تقاضای حمل و نقل در مناطق شهری ابزاری برای ارزیابی پروژه‌های حمل و نقلی و شهرسازی (مطالعه موردی شهر تهران)

حسن پارسای، کارشناس ارشد حمل و نقل و ترافیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علوم و تحقیقات،
تهران، ایران¹
محمود صفارزاده، استاد، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران
غلامرضا شیران، استاد یار، دانشکده حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، ایران
parsa5913@gmail.com 09197601554¹

چکیده

امروزه حمل و نقل به نوبه خود در پیشبرد اهداف کشورها نقش عمده‌ای را داشته و دارد. همچنین کاربری زمین نیز یکی از مباحث اصلی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای می باشد و بکارگیری یک کاربری در یک منطقه، نیاز به شناخت ویژگی‌ها و نیازهای آن کاربری دارد. از سوی دیگر شهرهای جهان در آینده شاهد افزایش آلودگی هوای ناشی از فعالیت‌های شهری (اقتصادی - اجتماعی) در زمینه حمل و نقل و ترافیک خواهند بود. بنابراین برنامه‌ریزی و تعیین ظرفیت زیست محیطی، فعالیت‌های اقتصادی، حمل و نقلی و ترافیکی با توجه به معیار آلودگی هوا تلاشی است برای فراهم آوردن یک ابزار برای ارزیابی پروژه‌های اقتصادی، اجتماعی، کاربری زمین، حمل و نقل و ترافیکی در سطوح محلی، منطقه‌ای، شهری و کلان‌شهری و یا به عبارت دیگر گامی است در جهت کنترل میزان آلاینده‌ها در حد مجاز و کاهش آسیب به محیط زیست.

بنابراین با توجه به اینکه در اکثر مدل‌های کلاسیک تقاضای حمل و نقل، کاربری زمین و یا کیفیت هوا ناشی از حمل و نقل از مدل‌های مختص و جداگانه استفاده می‌شود و روابط بین مدل‌هایی که در قالب سه مجموعه مذکور قرار گیرند بصورت واضح مشخص نمی‌باشد این پژوهش به منظور بررسی نوع و میزان ارتباط بین متغیرها در موارد ذکر شده شکل گرفته و تلاشی در جهت بررسی اثرات متقابل اشکال شهری، کاربری زمین، تقاضای حمل و نقل درون شهری و کیفیت هوای ناشی از حمل و نقل بویژه آلاینده CO (مونواکسید کربن) و NOX (اکسیدهای نیتروژن) منتشره از خودروها و توسعه مدلی یکپارچه در همین خصوص با هدف کاهش تأثیرات منفی بر روی کیفیت هوا، عملکرد مناسب‌تر کاربری‌ها، کاهش ترافیک و ازدحام درون شهری می باشد.

واژگان کلیدی: کاربری زمین، آلودگی هوا، تقاضای حمل و نقل، مدل‌های یکپارچه

1 - مقدمه

در طول تاریخ بشری رابطه انسان با محیط زیست همواره بصورت تابعی از رفتار او با پیرامون طبیعی خود بوده است. یکی از مهم‌ترین آلودگی‌های محیط زیست آلودگی هواست که امروزه به مسأله عمده بسیاری از جوامع تبدیل شده است. در این جوامع شناخت خصوصیات و عملکرد وسایل نقلیه، به عنوان یکی از منابع مهم ایجاد کننده آلودگی هوا، از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور کنترل آلاینده‌های هوا و انتخاب سیاست‌هایی در جهت کاهش آن، نیاز است تا علاوه بر شناخت نحوه عملکرد وسایل نقلیه، نسبت به چگونگی و میزان آلاینده‌های تولید شده ناشی از فعالیت وسایل نقلیه نیز آگاهی یافت [1].

حمل و نقل نیز یک فاکتور کلیدی در اقتصاد پیشرفته می‌باشد. اما میان انتظارات عمومی جامعه که هم طالب حرکت و جابجایی بیشتر و هم خواهان جلوگیری از تأخیرات و کیفیت پایین برخی خدمات حمل و نقل هستند تضاد و کشمکش دائمی وجود دارد. با افزایش تقاضای حمل و نقل، پاسخ جامعه فقط ساخت زیربنای جدید و گشودن بازارهای جدید نمی‌تواند باشد، بلکه سیستم‌های حمل و نقل نیز باید برای پاسخگویی به تقاضای گسترش و توسعه پایدار، بهینه شوند. لذا باید از نقطه نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نیز سیستم حمل و نقل مورد بررسی قرار گیرد.

از دیگر مباحث مطرح و در ارتباط با محیط زیست، کاربری زمین است که خود باعث آلودگی نمی‌شود، بلکه وسیله نقلیه‌ای که جهت تأمین دسترسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا میزان ساکنین و استفاده‌کنندگان از وسایل نقلیه و غیره عامل موثر بر محیط زیست هستند.

بنابراین ویژگی‌های متعدد روابط پویای بین مسائل اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی در توسعه پایدار شهری دخیل بوده و محیط زیست، زیرساخت‌ها، حمل و نقل و کاربری زمین بخش‌های اساسی برنامه‌ریزی شهری و در تلاش برای دستیابی به توسعه پایدار شهری می‌باشند.

توسعه چنین مدلهایی به منظور برقراری ارتباط بین تقاضای حمل و نقل درون شهری، کاربری زمین و کیفیت هوای ناشی از حمل و نقل و به منظور کاهش تأثیرات منفی حمل و نقل و کاربری زمین بر کیفیت هوا با اتخاذ تدابیر مناسب می‌باشد. همچنین به مدیران، برنامه‌ریزان شهری و دستگاه‌های محلی ابزاری را به منظور تجزیه و تحلیل مسائل مرتبط در برنامه‌ریزی مدیریت شهری و حمل و نقل درون شهری ارائه می‌دهد تا بتوانند سیاست‌های توسعه پایدار خود را ارزیابی نمایند.

2 - ادبیات پژوهش

بسیاری از مطالعات انجام پذیرفته در زمینه موضوع پژوهش به بررسی ارتباط بین حمل و نقل و کاربری زمین پرداخته و اخیراً با توجه به بحث توسعه پایدار گرایش به سوی ایجاد ارتباط بین موارد

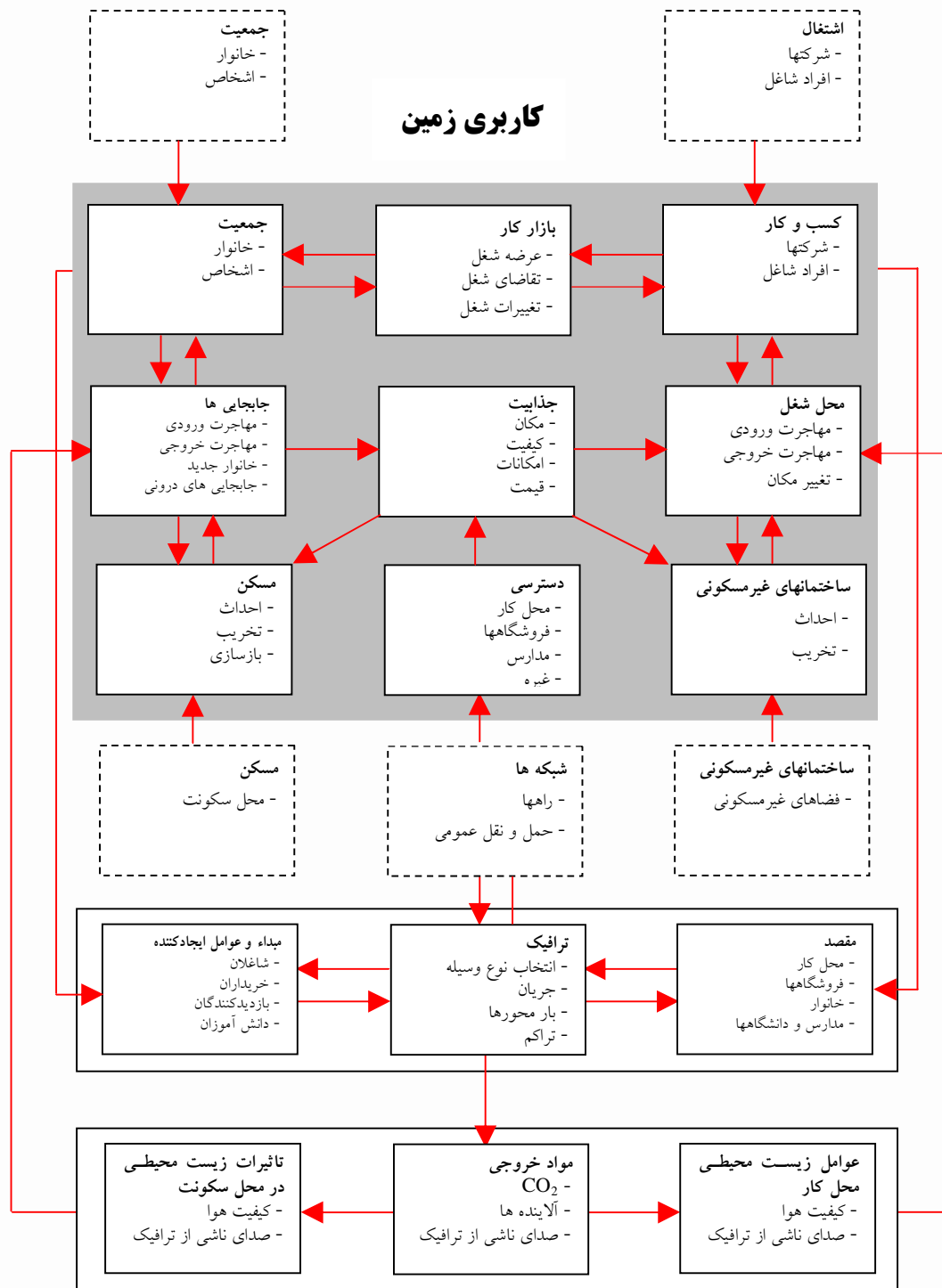


ذکر شده و محیط زیست بیشتر گردیده است. البته برخی مدل‌ها و مطالعات انجام پذیرفته ارتباط بین تقاضای حمل و نقل، کاربری زمین و آلودگی هوا ناشی از وسایل نقلیه را بصورت میکروسکوپی (کلی‌نگر) مورد بررسی قرار داده و از ورود و بررسی جزء و پارامترهای مختلف مؤثر بر آن‌ها اجتناب نموده‌اند [8].

هم اکنون شبیه‌سازی ریزنگر در جریان ترافیک معمول می‌باشد اما در مورد مبحث مدل‌سازی تقاضای سفر، کاربری زمین و محیط زیست در مراحل مطالعاتی قرار دارد. از لحاظ دیدگاه میکروسکوپی می‌توان به چندین پروژه از جمله: URBANSIM، TLUMIP، ALBATROSS، SIMDLTA، PUMA، IRPUD در امریکای شمالی و اروپا و TRANUS در آسیا و در شهر بانکوک [9] اشاره نمود.

به عنوان نمونه و از جمله تحقیقات انجام شده پروژه ILUMASS می‌باشد که مدل شبیه‌سازی میکروسکوپی از ترافیک شهری را وارد مدل جامعی می‌نماید که در برگیرنده تغییرات کاربری زمین و آثار آن برای تقاضای حمل و نقل و همچنین تأثیرات زیست‌محیطی می‌باشد.

این پروژه در سال‌های 2002 تا 2006 توسط گروهی از مؤسسات دانشگاه‌های آخن، بامبرگ، دورتموند، کلن و ووپرتال تحت نظر مؤسسه تحقیقات حمل و نقل مرکز هوا فضای آلمان و با مجوز وزارت علوم و تحقیقات آلمان صورت گرفت که مدل موجود از سفر بر مبنای فعالیت‌ها را با در نظر گرفتن مدل‌های محیط زیست شهری و کاربری زمین به صورت میکروسکوپی گزارش داد و به همین علت از سه مدل اصلی تشکیل می‌شود که شکل (1) این سه مدل را نشان می‌دهد [10].



شکل 1: زیر مدل های تشکیل دهنده مدل ILUMASS [10].





به منظور توسعه مدل یکپارچه از کاربری زمین، تقاضای حمل و نقل و آلودگی محیط زیست ناشی از آلودگی هوا نخستین گام شناخت جداگانه هر یک از مدل‌ها و متغیرهای تأثیرگذار مربوط به هر کدام می‌باشد که در ادامه مروری خلاصه به آن‌ها خواهیم داشت.

در بخش حمل و نقل مدل کلاسیک (مدل کلاسیک چهار مرحله ای) دارای یک ساختار عمومی است که براساس تجربه و آزمایش بدست آمده است و مراحل مختلف آن عبارت است از: تولید سفر، توزیع سفر، تفکیک سفر و تخصیص سفر [2].

در این پژوهش نیز از آمار و اطلاعات مربوط به تولید سفر به عنوان اولین و یکی از مهمترین مراحل چهارگانه پیش بینی تقاضای سفر مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

در زمینه کاربری زمین به منظور پیش‌بینی و تحلیل رفتار سیستم‌های شهری و نیز مکانیزم رشد شهری نیاز به مدل‌های کاربری می‌باشد که بطور واقع‌بینانه‌ای خصوصیات کلیدی اینگونه مناطق را مشخص نموده و مجموعه اطلاعات تفصیلی را بکار می‌گیرند.

برنامه‌ریزان برای هدایت و تنظیم توسعه، نیازمند برآوردی صحیح از احتیاج به زمین برای مصارف مختلف در مناطق شهری و شناخت گرایش سکونت‌گزینی افراد و مکان‌گزینی مؤسسات و شرکتها می‌باشند. جمعیت و اشتغال در محل سکونت از جمله ویژگی‌های اساسی هستند که اطلاعات مربوط به آن‌ها به گونه‌های مختلف، به طور مستمر و در سطح جزئیات متفاوت از نظر نوع و توزیع جغرافیایی یادآوری می‌شوند [3].

از این رو، مدل‌های متنوع و متعددی در مقوله کاربری زمین و برای پیش‌بینی جمعیت و اشتغال مطرح شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند که یکی از مهمترین و متداول ترین آن‌ها مدل گرین - لاری می‌باشد که به دلیل سادگی، ساختار علت و معلولی نیرومند و نیازهای اطلاعاتی محدود، از محدود مدل‌های کاربری زمین است که در برآورد اشتغال و جمعیت مقبولیت یافته است.

اما در بخش محیط زیست و بخصوص آلاینده‌های هوا روش و نحوه برآورد میزان آلاینده‌گی وسایل نقلیه با توجه به هدف مورد نظر متفاوت خواهد بود. در ارتباط با تخمین میزان آلاینده‌های تولید شده ناشی از حرکت وسایل نقلیه سه نوع مدل کلی مطرح می‌باشد که عبارتند از: مدل‌های میکروسکوپ، مزوسکوپیک، و ماکروسکوپیک.

مدل‌های میکروسکوپیک سعی بر این دارند تا براساس کیفیت حرکت، مشخصات فیزیکی و شتاب وسایل نقلیه میزان آلاینده‌گی حاصل را تخمین بزنند. برخی از این مدل‌ها تأثیر فاکتورهای مؤثر بر روی میزان آلاینده‌گی را بصورت لحظه‌ای در نظر گرفته و برخی دیگر شاخص‌هایی را به منظور مدنظر قرار دادن فاکتورهای تأثیرگذار بر میزان آلاینده‌گی تعریف می‌نمایند. با این وجود مدل‌های میکروسکوپیک هنوز در مرحله شکل‌گیری و پیشرفت می‌باشند و کاربرد آن‌ها بسیار محدود است. در ادامه به برخی از این گونه مدل‌ها اشاره خواهد شد.



مدل‌های آلاینده‌ی لحظه‌ای:

این مدل‌ها به واسطه بررسی تغییرات میزان تولید آلاینده‌ها در سرعت و شتاب‌های لحظه‌ای مختلف شکل گرفته‌اند. رابطه (1) شکل کلی این مدل‌ها را نمایش می‌دهد [1].

$$\log(E) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (k_{i,j} \times s^i \times a^j) \quad (1)$$

که در آن:

E = میزان آلاینده‌ی (g/s) ،

s = سرعت لحظه‌ای (m/s) ،

i = توان سرعت ،

j = توان شتاب ،

k = ضریب همبستگی مدل ،

a = شتاب لحظه‌ای ،

m و n = تعداد پارامترهای مربوط به شتاب و سرعت

مدل‌های آلاینده‌ی براساس کیفیت حرکت:

این مدل‌ها میزان آلاینده‌ی وسایل نقلیه را با توجه به کیفیت حرکت و خصوصیات فیزیکی آن‌ها پیش‌بینی می‌نمایند. کیفیت حرکت در این مدل‌ها توسط شاخص‌هایی به منظور مدنظر قرار دادن سرعت و شتاب‌های مختلف در حین حرکت وسایل نقلیه تعریف می‌گردد. منظور از خصوصیات فیزیکی در این مدل‌ها مشخصاتی از قبیل قدرت موتور، نسبت هوا به سوخت، میزان مصرف سوخت و نوع کاتالیست مصرفی می‌باشد. روند بهره‌گیری از این شاخص‌ها کاملاً لحظه‌ای نیست ولی با این وجود تا حدودی کیفیت عملکرد وسایل نقلیه را روشن می‌سازد.

قالب کلی مدل موجود در این زمینه مطابق رابطه (2) می‌باشد. در این مدل ابتدا نرخ تولید آلاینده‌ی وسایل نقلیه در یک سیکل رانندگی استاندارد برآورد شده و سپس ضریبی تصحیح‌کننده، که با توجه به کیفیت عملکرد وسایل نقلیه به دست آمده در آن اعمال می‌گردد [1].

(2)

$$MOE_i = R_i \times A_i$$

که در آن:

MOE_i = میزان آلاینده i (g) ،

R_i = ضریب تصحیح‌کننده برای آلاینده i و

A_i = میزان تولید آلاینده i در سیکل استاندارد (g)

ضریب تصحیح در این مدل رابطه‌ای خطی از خصوصیات فیزیکی و عملکردی وسایل نقلیه است که مهمترین آن‌ها عبارتند از: مشخصات فیزیکی، سرعت و شتاب وسایل نقلیه. شایان ذکر است که



سرعت و شتاب در این مدل‌ها به صورت نسبی وارد می‌گردد. به عنوان مثال نسبت مدت زمانی که شتاب وسیله نقلیه بیشتر از 6 (m/s²) است به کل زمان سفر، قابلیت استفاده به منظور شناخت کیفیت حرکت را دارا می‌باشد.

اما ساختار مدل‌های مزوسکوپیک بر پایه برآوردها صوت پذیرفته در مورد نرخ آلاینده‌گی وسایل نقلیه در سیکل‌های استاندارد و همچنین تأثیر شرایط محیطی و عملکردی وسایل نقلیه بر روی میزان تولید آلاینده‌گی می‌باشد. شکل کلی مدل‌های مزوسکوپیک شبیه به مدل‌های آلاینده‌گی میکروسکوپیک براساس کیفیت حرکت می‌باشد با این تفاوت که فاکتورهای تأثیرگذار در این مدل‌ها لحظه‌ای نبوده و به صورت متوسط وارد می‌گردد و در این میان سرعت متوسط یکی از مهمترین شاخص‌ها به شمار می‌رود.

در مدل‌های مزوسکوپیک، میزان آلاینده‌گی وسایل نقلیه بدست آمده در سیکل‌های استاندارد که با نام آلاینده‌گی پایه شناخته می‌شوند، با استفاده از ضرایب تصحیح‌کننده‌ای برای تطبیق مقادیر آلاینده‌گی پایه با شرایط مختلف تعدیل می‌گردند. ضرایب تصحیح‌کننده، به منظور تعدیل سرعت، شرایط محیطی و وجود برنامه‌هایی برای نگهداری و تنظیم موتور به موقع وسایل نقلیه می‌باشد [1].

مدل‌های ماکروسکوپیک نیز ارتباطی ساده میان بخش حمل و نقل و آلاینده‌گی ناشی از وسایل نقلیه بدست آورده و تخمینی تقریبی در این زمینه ارائه می‌نمایند. استفاده از این مدل‌ها با توجه به برآورد تقریبی آلاینده‌ها تنها در ابعاد کلان توجیه‌پذیر است و معمولاً در سطوح کلان (کشوری یا منطقه‌ای) مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل‌های مصرفی سوخت یکی از مشهورترین مدل‌های موجود در این زمینه می‌باشند که با توجه به میزان سوخت مصرفی و آگاهی از آلودگی هوا ناشی از احتراق هر واحد سوخت، برآوردی از آلودگی‌های تولید شده ارائه می‌نماید.

شکل کلی مدل‌های آلاینده‌گی وسایل نقلیه با توجه به مصرف سوخت به صورت رابطه (3) می‌باشد [1].

$$E_i = U_i \quad (3)$$

$$\times F_j$$

که در آن:

$$E_i = \text{میزان تولید آلاینده } i$$

$$F_j = \text{تعداد واحد سوخت مصرفی نوع } j$$

$$U_i = \text{میزان تولید آلاینده } i \text{ ناشی از احتراق یک واحد سوخت } j$$

3- روش پژوهش

الف: گردآوری و بهره‌گیری از گزارشات، نشریات، کتب و مقالات داخلی و خارجی مرتبط با موضوع و مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق که در بخش قبل به اختصار مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

ب: تشریح فرآیند مدل‌سازی و ارائه مدل‌ها شامل:

1- جمع‌آوری اطلاعات در خصوص داده‌های ورودی از طریق مراجعه به سازمانها و نهادهای مربوطه از جمله:

- شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران
- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران
- معاونت معماری و شهرسازی و همچنین سازمان فن آوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران

- سازمان حفاظت محیط زیست

- سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت

2- پردازش و ارائه مدل‌ها با استفاده از برنامه‌های نرم‌افزاری از جمله Excel ، Spss و Eviews

3- اعتبار سنجی و انتخاب مدل برتر از بین مدل‌های پردازش شده و در نهایت بررسی مدل برگزیده

ج: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

4 - تشریح فرآیند مدل‌سازی و ارائه مدل‌ها

با توجه به موضوع پژوهش و هدف آن سعی بر این است تا با وارد نمودن برخی متغیرهای مؤثر آلودگی هوای ناشی از حمل و نقل درون شهری (A) بعنوان پارامترهای زیست محیطی و ایجاد ارتباط بین آن‌ها و برخی متغیرهای مؤثر بر کاربری زمین (L) و تقاضای حمل و نقل درون شهری (T) در محدوده مناطق 22 گانه کلان شهر تهران مدلی یکپارچه با نام TLA بسط و توسعه داده شود . در مدل‌سازی از شیوه علمی - آماری و با استفاده از آمارهای حقیقی و موجود در مناطق 22 گانه کلان شهر تهران استفاده شده است. در این راستا از آمارهای یک ساعته همزمان و در ساعت اوج صبح (به دلیل وجود آمارهای حمل و نقلی ، ترافیکی و آلودگی هوا بصورت متمرکز و بحرانی ترین شرایط در این زمان) در زمینه شاخص‌های کاربری زمین ، حمل و نقل و ترافیک و شاخص‌های مربوط به کیفیت هوای ناشی از حمل و نقل بهره گرفته شده است.



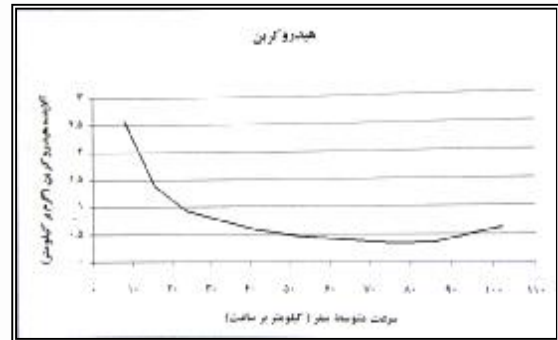
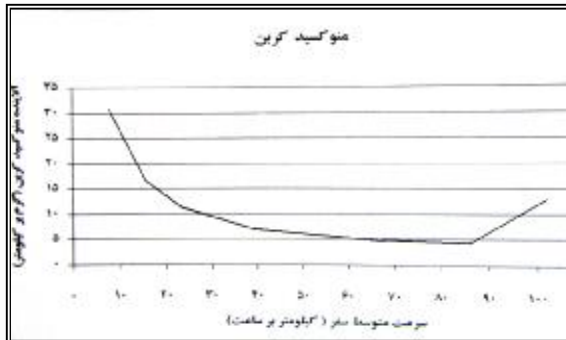
به طور کلی داده‌های ورودی در مدل های کاربری زمین شامل متغیرهایی از قبیل احداث یا تخریب مسکن ، مساحت کل منطقه، مساحت ساخته شده (تمامی کاربری ها)، مساحت ساخته نشده و فضاهای سبز و باز، و غیره می‌باشد. همچنین بخش مرتبط با حمل و نقل نیز مواردی همچون، سفرها، میانگین مسافت پیموده شده در منطقه مورد مطالعه، تعداد و مالکیت وسیله نقلیه، جمعیت، تعداد افراد خانواده، عمر وسایل نقلیه، تعداد وسایل نقلیه عمومی و خصوصی و غیره و بطور کلی سفرها و جابجایی‌ها را بر مبنای الگوی فعالیت خانوار و شاغلین و شیوه جابجایی اعضای خانوار شامل شده و در بر می‌گیرد و بخش زیست‌محیطی نیز به محاسبه میزان نرخ تولیدی گازها و آلاینده‌های خروجی از جمله CO، NOX و غیره از وسایل نقلیه و اثرات آن‌ها بر کیفیت هوا می‌پردازد.

با توجه به مطالب گفته شده و معرفی متغیرهای فراوان موجود برای هر یک از مدل‌ها بطور جداگانه، به منظور تشکیل مدل یکپارچه تعداد متغیرها به اندازه‌ای افزایش می‌یابند که دسترسی به تمامی آنها به دلایلی نظیر عدم در اختیار قرار دادن برخی از پارامترها توسط مراجع ذیربط با توجه به مجاز نبودن به سبب مسائل حریم شخصی، اخلاقی و غیره، همچنین گستردگی و تعدد مقدور نمی‌باشد.

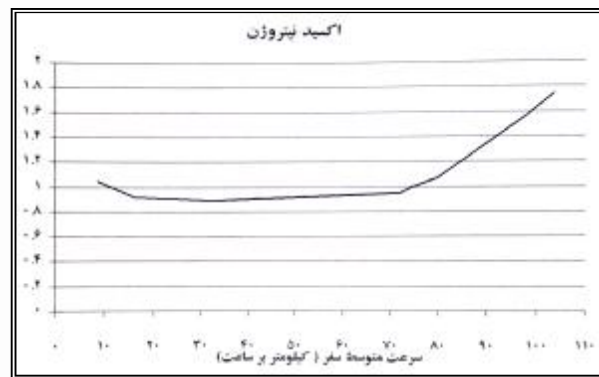
یکی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در مدل مجموع سالیانه تولید انواع آلاینده‌ها توسط خودروها می‌باشد و به دو دسته آلاینده‌های خروجی از آگروز با سهم بیشتر و آلاینده‌های ناشی از موتور و سیستم سوخت‌رسانی وسایل نقلیه با سهم کمتر تقسیم می‌گردند. در این تحقیق تأکید بر روی انواع آلاینده‌های خروجی از آگروز که از اهمیت و کمیت بیشتری برخوردارند می‌باشد.

آلاینده‌های اصلی منتشره از آگروز وسایل نقلیه طبق آمار و پارامترهای شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران شامل CO (مونواکسید کربن)، NOX (اکسیدهای نیتروژن)، SO₂ (دی اکسید گوگرد)، CH₄ (متان)، PM₁₀ (ذرات معلق) و NMVOC (هیدرو کربن های نسوخته) می‌باشد [4].

از پارامترهای مهم دیگر، سرعت وسایل نقلیه بوده که تاثیر قابل توجهی بر روی میزان آلاینده‌های خروجی از آنها دارد. همان گونه که در شکل های (2) تا (4) نمایش داده شده است و بر اساس مدل های موجود میزان خروجی HC و CO در سرعتهای پایین بیشتر بوده و در سرعت های متوسط به کمترین میزان خود می‌رسد و در سرعت های بالا افزایش می‌یابد. البته این میزان در سرعت های بالاتر کمتر از سرعت های پایین تر می‌باشد. در این میان NOX به صورت دیگری عمل می‌کند و میزان نرخ خروج آن در سرعت های پایین کمتر و در سرعت های بالا به بیشترین مقدار خود می‌رسد [7].



شکل 2: تغییرات میزان تولید آلاینده HC نسبت به سرعت [7] شکل 3: تغییرات میزان تولید آلاینده CO نسبت به سرعت [7]



شکل 4: تغییرات میزان تولید آلاینده NOx نسبت به سرعت [7]

در فرآیند مدل‌سازی از مدل‌های رگرسیون استفاده گردیده است. در این روش ابتدا باید متغیرهای مؤثر در مدل در نظر گرفته شوند سپس رابطه بین این متغیرها از نظر خطی و یا غیرخطی بودن و همچنین از نظر درجه چندجمله‌ای در فرآیند مدل‌سازی تعیین می‌شود. برآورد پارامترها از طریق برآورد کمترین مربعات خطا انجام می‌گیرد.

شکل کلی مدل‌های ساخته شده براساس مجموعه متغیرهای اندازه‌گیری شده یا برآورده شده ترافیکی، آلاینده‌ها و دیگر خصوصیات توصیفی هر منطقه است. هر مشاهده منطبق بر خصوصیات یک منطقه شهرداری می‌باشد. در همه مدل‌های ساخته شده هر سمت از معادلات می‌توانند شامل متغیرهای مستقل و وابسته باشند که تغییر واحد در هر یک از متغیرهای مستقل، تغییراتی را در متغیرهای وابسته نتیجه می‌دهد.

برای تعیین میزان صحت و اعتبارسنجی مدل می‌توان مقادیر بدست آمده از آنها با مقادیر مشاهده شده مقایسه نمود.

آزمون‌های آماری مناسبی برای برازش و انطباق مدل با مشاهده‌ها ارائه شده است، که عبارتند از:



- معنی دار بودن ضرایب بدست آمده در سطح اطمینان 95% با استفاده از آزمون آماری t و یا بررسی احتمال عدم پذیرش ضرایب (P-Value)
 - معنی دار بودن علامت ضرایب، یعنی تطابق آنها با آنچه انتظار می رود و معقول است.
 - تساوی همه پارامترها با صفر (آزمون F برای متغیرهای وابسته)
 - ارزیابی برازش کل منحنی (بدست آوردن ضریب همبستگی R2)
- مدل ها ارائه شده در این پژوهش شامل دو دسته میگردند:
- الف) ترکیب کلی آلاینده ها از جمله CO (مونواکسید کربن)، NOX (اکسیدهای نیتروژن)، SO2 (دی اکسید گوگرد)، CH4 (متان)، PM10 (ذرات معلق) و NMVOC (هیدرو کربن های نسوخته) [5].

ب) آلاینده CO بصورت جداگانه

به منظور مدلسازی ابتدا باید همبستگی (correlation) بین متغیرهای وابسته و مستقل کنترل گردد به نحوی که میزان همبستگی بین متغیرهای وابسته و مستقل زیاد و میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل حداقل باشد. حداکثر ضریب همبستگی 1 و حداقل آن صفر است معمولاً عدد 0/5 را حد وسط در نظر گرفته و هر چه میزان همبستگی به صفر نزدیک تر باشد همبستگی کمتر و هر چه به عدد یک نزدیکتر باشد همبستگی بیشتری برقرار است.

4-1 - مدل های مربوط به ترکیب آلاینده ها

مدل های دسته اول در این مطالعه مربوط به Total-Emission (ترکیب کلی آلاینده ها) می باشد که به عنوان نمونه تعدادی از مدل هایی که در این زمینه ساخته شده در جدول (1) آورده شده است. لازم بذکر است مواردی که موجب عدم پذیرش مدل می باشد با رنگ قرمز مشخص گردیده و در مدل های ساخته شده پارامتر Total-Emission به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است.

جدول 1: مدل‌های مربوط به ترکیب کلی آلاینده ها ($T-Emission_{kol}$)

شماره مدل	ساختار مدل	مقدار ضرایب C1,C2,C3,C4				R ²	پذیرش یا عدم پذیرش مدل
		درصد مقبولیت C1,C2,C3,C4					
1	T-EMISSION_KOL= C(1)*SSAKHT/SMANT + C(2)*NERKH_TOLID^2 + C(3)	C1= -243928.3	C2= 6610.173	C3= 261612.9		0.584419	NO
		C1= 0.011	C2= 0.0018	C3= 0.0036			
2	T-EMISSION_KOL= C(1)*SSAKHT/SMANT + C(2)*NERKH_TOLID^2 + C(3)*L_KOLMAABER^2+ C(4)*DELAY_TIME^2	C1= 15738.27	C2= 3941.572	C3= 1.537443	57418.84	0.787918	NO
		C1= 0.1054	C2= 0.0277	C3= 0	0.0566		
3	T-EMISSION_KOL= C(1)*SSAKHT/SMANT + C(2)*KOL_TAKHEER	C1= 47260.12	C2= 4.865643			0.488103	NO
		C1= 0	C2= 0.0001				
4	T-EMISSION_KOL= C(1)*SSAKHT/SMANT + C(2)*KOL_ZAMANSAFAR^2+ C(3)*POP	C1= 29846.48	C2= 0.000104	C3= 0.073972		0.758113	YES*
		C1= 0.0024	C2= 0	C3= 0.0006			

همانگونه که در جدول نیز مشاهده می‌گردد چنانچه در مدل‌ها درصد مقبولیت ضرایب در بازه اطمینان 0 تا 95 درصد نباشند و یا در بعضی موارد مقدار R² (ضریب همبستگی) منفی و یا کمتر از 0/5 باشد این دسته مدل‌ها مورد قبول نمی‌باشند بنابراین:

- در مدل شماره 1 با توجه به اینکه مقدار ضریب C1 منفی است، نمایانگر عدم وجود رابطه منطقی بین متغیرها بوده و مدل قابل قبول نمی‌باشد. زیرا ضریب منفی در نسبت مساحت فضاهای ساخته شده به مساحت کل منطقه به معنی آن است که هرچه میزان فضاهای ساخته شده بیشتر گردد (از میزان فضاهای سبز و باز کاسته می‌شود) آنگاه حاصل کسر مربوطه بزرگتر خواهد شد.



- در نتیجه ، جمعیت ، تولید سفر و... می تواند افزایش یافته و در نهایت تولید آلاینده افزایش می یابد ولی در خروجی مدل با توجه به ضریب منفی عکس این مطلب اتفاق خواهد افتاد.
- در مدل شماره 2 ، متغیر زمان تاخیر به زمان سفر (Dely-Time) وابستگی پائینی نسبت به متغیر وابسته یعنی T-Emission_kol دارد (0/27) . همچنین درصد مقبولیت ضرایب C1,C2 نیز در بازه 0 تا 95% نمی باشد، بنابراین مدل پذیرفته نیست.
 - مدل سوم نیز دارای ضریب همبستگی (R2) کم (کمتر از 0/5) است که آن هم نیز مورد قبول نمی باشد.
- در نهایت مدل انتخاب شده که هم از لحاظ روابط منطقی و ضرایب مشکل نداشته و هم اینکه از میزان R2 بالایی برخوردار باشد مطابق رابطه ذیل می باشد:

$$T-EMISSION_KOL=C(1)*SSAKHT/SMANT+C(2)*KOL_ZAMANSAFAR^2+C(3)*POP \quad (4)$$

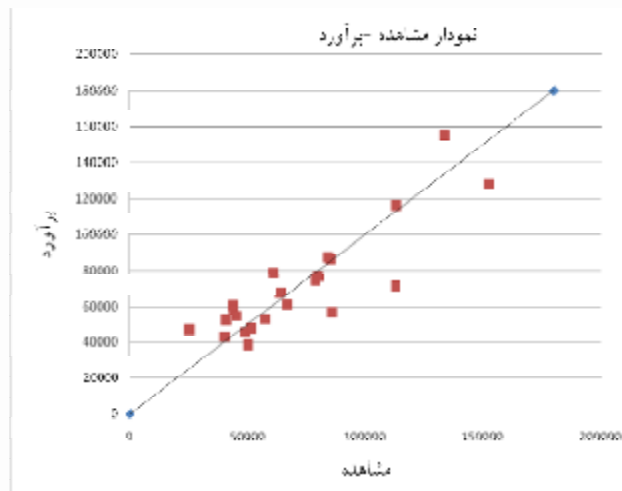
پس از قرار دادن ضرایب مربوطه مدل نهایی به صورت زیر خواهد بود:

$$T-EMISSION_KOL=29846.48*SSAKHT/SMANT+0.000104*KOL_ZAMANSAFAR^2+0.073972*POP \quad (5)$$

که در آن:

$$\begin{aligned} T-EMISSION_KOL &= \text{مجموع کلیه آلاینده ها ،} \\ SSAKHT/SMANT &= \text{نسبت مساحت فضاهای ساخته شده به مساحت کل هر منطقه ،} \\ KOL_ZAMANSAFAR &= \text{کل زمان سفر و} \\ POP &= \text{جمعیت} \end{aligned}$$

مطابق شکل (5) درخصوص مقادیر مشاهده- برآورد این مدل مشخص می گردد که اکثر نقاط بر خط 45 درجه نزدیک است و مقادیر بدست آمده حاصل از مدل ارائه شده با مقادیر واقعی آن بسیار نزدیک می باشد.



شکل 5: نمودار مشاهده برآورد مربوط به کل آلاینده ها در مناطق مختلف

از پارامترهای بکار رفته در مدل نسبت مساحت فضاهای ساخته شده به مساحت کل هر منطقه است. مساحت ساخته شده عبارت است از کاربری هایی اعم از مسکونی، تجاری، اداری و ... که در یک منطقه ساخته شده و هرچه نسبت آن به مساحت منطقه بیشتر گردد نشان دهنده تراکم بالا (جمعیت شاغل و یا غیر شاغل) در آن منطقه می باشد. از آنجا که شهر مورد مطالعه تهران بوده و کاربری های خاص با مساحت های زیاد و جذب کم نظیر مراکز صنعتی در آن کمتر مشاهده می گردد لذا میزان تراکم در هر منطقه نشان دهنده میزان تولید و جذب در آن می باشد به نحوی که هر چه تراکم بالاتر باشد بر روی یکی از شاخص های نرخ تولید و یا نرخ جذب تأثیر گذار بوده و مقدار آنرا افزایش می دهد به عنوان مثال چنانچه در یک منطقه SSAKHT/SMANT بالا و مساحت عمده آن مسکونی باشد نشان دهنده آن است که میزان تولید سفرهای انجام شده از این منطقه به سایر مناطق از مقدار بالایی برخوردار است و چنانچه در منطقه دیگری میزان تراکم بالا بوده ولی سهم کار بری های تجاری و یا آموزشی در آن بالا باشد نشان دهنده نرخ جذب بالا در این منطقه می باشد. بنابراین به منظور کنترل میزان آلاینده ها در مناطق، کنترل یکی از شاخص های تأثیرگذار، میزان جمعیت پذیری (شاغل و یا غیر شاغل) و یا تراکم مناطق می باشد که در این خصوص ضوابط شهرسازی در دهه اخیر در شهرهای جدیدالاحداث این موارد را رعایت می نماید.

دیگر پارامتر تأثیرگذار در مدل جمعیت است. با افزایش جمعیت در یک منطقه میزان سفرهای تولید شده در آن زیاد می شود که با توجه به این موضوع و چنانچه اطلاعات درآمد افراد در دست باشد از روی آن می توان سرانه مالکیت وسیله در هر منطقه را بدست آورد که متاسفانه برای شهر تهران این اطلاعات موجود نبوده ولی بطور نسبی نشان می دهد که پارامتر جمعیت با متغیر های اقتصادی - اجتماعی رابطه مستقیمی داشته و روزانه باعث تولید تعداد زیادی سفر می گردد. چنانچه اطلاعات



سرانه مالکیت در اختیار باشد می توان آنرا به این شاخص نیز ربط داد ولی به طور کلی کنترل جمعیت پذیری یک منطقه بر اساس ضوابط شهر سازی تاثیرگذار بوده و برای شهری چون تهران این تغییرات مستلزم هزینه بسیار زیاد می باشد. بنابراین در این شهر توسعه حمل و نقل عمومی، فرهنگ سازی و تشویق شهروندان به استفاده از حمل و نقل عمومی آسان، راحت و ایمن راهگشای رسیدن به حمل و نقل سبز با تولید کمتر آلاینده ها می باشد.

پارامتر دیگر زمان سفر می باشد. با توجه به اینکه اطلاعات این پارامتر از مدل حمل و نقل ترافیک تهران استخراج شده است بنابراین میزان زمان سفر بر اساس زمان سفر آزاد بعلاوه زمان سفر معبر و تقاطع محاسبه شده که زمان سفر تقاطع ها نیز به دو دسته تقاطع های چراغ دار و بدون چراغ تقسیم میگردد. با این توصیف هرچه میزان زمان سفر بیشتر گردد نشان میدهد که میزان تأخیر وارد شده افزایش داشته و این مورد نیز باعث افزایش مصرف سوخت و در نهایت افزایش تولید آلاینده ها میگردد.

4-2 - مدل های مربوط به آلاینده CO

در گروه دوم مدل های ساخته شده میزان CO تولید شده در هر منطقه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است.

چنانچه همانند گروه قبل در خصوص این آلاینده نیز عمل نمائیم در نهایت یه مدل هایی دست می یابیم که پس از بررسی و سنجش صحت آنها مدل برگزیده که هم از لحاظ روابط منطقی و ضرایب مشکل نداشته و هم اینکه از میزان همبستگی بالایی برخوردار و مقادیر برآوردی آن نزدیک به مقادیر مشاهده شده در نمودار مشاهده برآورد باشد مطابق رابطه ذیل ارائه میگردد:

$$CO_KOL=C(1)*SSAKHT/SMANT+C(2)*(V_HARKAT)+C(3)*S_PEYMAYESH \quad (6)$$

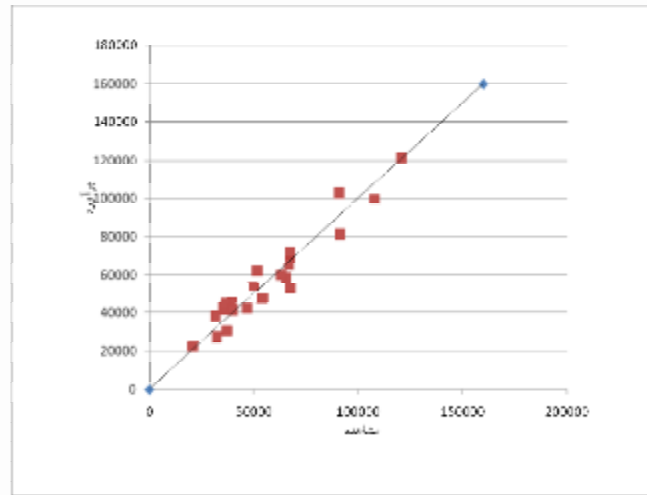
پس از قرار دادن ضرایب مربوطه مدل نهایی به صورت زیر خواهد بود:

$$CO_KOL=28990.24*SSAKHT/SMANT-531.8915*(V_HARKAT)+0.171707*S_PEYMAYESH \quad (7)$$

که در آن:

$$\begin{aligned} CO_KOL &= \text{مجموع آلاینده CO تولیدی از کلیه وسایل نقلیه ،} \\ SSAKHT/SMANT &= \text{نسبت مساحت فضاهای ساخته شده به مساحت کل هر منطقه ،} \\ V_HARKAT &= \text{سرعت متوسط حرکت و} \\ S_PEYMAYESH &= \text{مسافت پیموده شده} \end{aligned}$$

در شکل (6) نمودار و مقادیر مشاهده - برآورد این مدل نمایش داده شده است.



شکل 6: نمودار مشاهده برآورد مربوط آلاینده CO

از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در این مدل سرعت می باشد. با توجه به اینکه سرعت یکی از پارامترهای حرکتی و شهر مورد مطالعه نیز تهران می باشد لذا تمام معابر درون شهری مد نظر بوده و این موضوع نشانگر آن است که هرچه سرعت کاهش یابد در واقع تأخیر زیاد بوده و تراکم ترافیک بالا می باشد. بنابراین طبق تعریف زمان سفر که از رابطه فاصله بخش بر زمان بدست می آید نشان دهنده آن است که هرچه زمان سفر افزایش یابد چون فاصله از یک مبدأ به یک مقصد (طبق اطلاعات بر گرفته شده از شرکت مطالعات حمل و نقل تهران خروجی های EMME2 و الگوریتم فرانک ولف) کوتاهترین مسیر می باشد بنابر این پارامتر زمان است که می تواند در این معادله تغییر نماید و سرعت به عنوان نماینده ای از پارامترهای حرکتی مد نظر قرار میگیرد و در مدل آمده است.

از سوی دیگر باید توجه داشت همان گونه که قبلا نیز گفته شد بر طبق تحقیقات انجام شده و شکل (3)، در سرعتهای پایین میزان تولید CO زیاد بوده و با افزایش سرعت کاهش می یابد. بنابراین هرچه از میزان سرعت بنا بر هر دلیل در معابر کاسته شود و خودروها با سرعت کمتری مجبور به حرکت باشند تولید این نوع آلاینده در آنها افزایش می یابد.

مسافت پیموده شده نیز به عنوان یکی دیگر از متغیرها در این مدل شرکت دارد. با توجه به اینکه مقادیر این پارامتر از خروجی های شرکت مطالعات حمل و نقل تهران بدست آمده و این خروجی براساس الگوریتم تعادلی فرانک ولف است و این الگوریتم نیز بر اساس کوتاه ترین مسیر و تحت تأثیر حجم ترافیک زمان بهینه را انتخاب نموده و مسیر مورد نظر را از از نقطه 1 به 2 تعیین می کند بنابراین بیانگر آن است که هرچه مسافت پیموده شده در یک منطقه بیشتر باشد، میزان تراکم ترافیک در معابر منطقه فشرده تر بوده و برای اینکه شخص استفاده کننده از مسیر از لحاظ زمانی به





تعادل برسد مسیر طولانی تری را انتخاب می نماید که این خود باعث افزایش زمان سفر و در نهایت تولید آلودگی بیشتر می گردد.

5 - نتیجه گیری و ارائه چند پیشنهاد

- از نتایج مهم و مورد توجه در مدل‌های مربوط به آلاینده CO رفتار متغیر سرعت می‌باشد که با ضریب منفی در مدل ظاهر می‌گردد. بررسی‌های بعمل آمده که نتایج آن در شکل (3) نیز مشهود می‌باشد بیانگر آن است که این پارامتر با تولید مونواکسید کربن نسبت عکس داشته و با کاهش سرعت میزان تولید آلاینده افزایش می‌یابد.
- از جمله فاکتورهای مؤثر در مدل جمعیت است، زیرا افزایش جمعیت همگام با کاهش بعد خانوار سبب تغییرات در کاربری‌ها، افزایش مالکیت خودرو و متعاقب آن افزایش سفرهای شهری، تراکم، حجم ترافیک شهری و ... می‌شود که در نهایت می‌تواند منجر به افزایش آلودگی هوا گردد. بنابراین به منظور کاهش میزان آلاینده‌ها در مناطق مختلف، کنترل یکی از شاخص‌های تأثیرگذار، میزان جمعیت پذیری (شاغل و یا غیر شاغل) و یا تراکم مناطق می‌باشد.
- بدون شک مدل‌های یکپارچه و ریزنگر کاربری زمین، حمل و نقل و محیط زیست گام مهمی به سوی مدل‌های شهری کاملاً یکپارچه، می‌باشد. پیش‌بینی تأثیرات برنامه‌های نوآورانه در زمینه‌های مدیریت تقاضای سفر تنها با این گونه مدل‌ها امکان‌پذیر است. ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی و ارتباط بین کاربری زمین و سیاست‌های حمل و نقل با شبیه‌سازی جزءنگر و وضوح و دقت خاص ممکن است.
- شناسایی و ایجاد شاخص‌های مناسب در راستای انتخاب طرح‌های ترافیکی مناسب از جهت کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی دستاورد دیگر این مطالعه بوده است. بدین ترتیب که با استفاده از مدل‌های ارائه شده، امکان ارزیابی گزینه‌ها ترافیکی و انتخاب سیاستی مناسب با کاهش نشر آلاینده‌ها میسر خواهد بود.
- از دیگر نتایج و اثرات مدل‌های یکپارچه، بررسی اثرات متقابل بین متغیرها و کارآمدی مدل در تجزیه و تحلیل مسائل مرتبط با سیاست‌های توسعه پایدار می‌باشد.
- به جهت حفظ محیط زیست و رسیدن به توسعه و حمل و نقل پایدار به مطالعات و مدل‌هایی نیاز داریم که بتوانند مسائل مرتبط با حمل و نقل و محیط زیست را مورد ارزیابی قرار دهند و به منظور کاهش آلودگی هوا و اثرات سوء آن در خیابان‌های شهری، عواملی نظیر محاسبه انواع آلاینده‌ها و تطبیق آن‌ها با استانداردها و ارائه راهکارهایی در جهت کاهش این گونه آلودگی‌ها گامی مؤثر در این راه می‌باشد.



- بر اساس نتایج بدست آمده از مدل‌ها و به منظور کاهش زمان سفر و جلوگیری از تأخیرهای بوجود آمده می‌توان با هماهنگی چراغهای راهنمایی در تقاطعات و ایجاد موج سبز، سبب افزایش سرعت حرکت وسایل نقلیه و کاهش توقفهای آنها در شبکه گردید و استفاده از این سیاست اثر مستقیمی بر کاهش مصرف سوخت و خروج آلاینده‌ها دارد.
- یکی دیگر از متغیرهای قابل تأمل در مدل‌ها و در ارتباط با کلانشهر تهران میزان فضای سبز موجود و از آن مهمتر پراکندگی نامناسب این نوع فضاها در مناطق مختلف می‌باشد. با توجه به خروجی مدل می‌توان با ممانعت از کاهش فضاهای سبز در اثر طرح‌های اجرایی و افزایش اینگونه فضاها بخصوص در مناطق فقیر در این زمینه گامی مؤثر در کاهش آلودگی و ارتقاء سطح کیفی شهروندان برداشت.
- با توجه به اینکه مدل‌های ارائه شده در این پژوهش مدل‌های emission می‌باشد. می‌توان با استفاده از نتایج حاصله از این مدل‌ها و دخالت آنها در مدل‌های پراکندگی و بررسی اثرات آنها گامی مهم در جهت تعیین و کنترل آلاینده‌ها و حفظ محیط زیست برداشت.
- از دیگر پارامترها که نقش قابل توجهی در مدل‌ها داشته و با افزایش میزان آلاینده‌ها نسبت مستقیم دارد تولید سفر می‌باشد که می‌بایست با سرمایه‌گذاری در جهت ارتقاء و پیشرفت در زمینه خدمات الکترونیکی نیاز به انجام سفر را کاهش داده و با کاستن از تولید سفر میزان آلاینده‌های تولیدی را نیز تحت کنترل قرار داد.
- توسعه حمل و نقل عمومی، فرهنگ سازی و تشویق شهروندان به استفاده از حمل و نقل عمومی آسان، راحت و ایمن از جمله اقدامات اصولی و مؤثر در جهت کاهش تولید آلاینده‌ها و راهگشای رسیدن به حمل و نقل سبز در راستای توسعه پایدار می‌باشد.

6 - منابع و مآخذ

- 1- جلالی برسری ، آرش، "طراحی مدل برآورد آلودگی هوا ناشی از وسایل نقلیه در مناطق شهری"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و تحقیقات 86-1385
- 2- سیدحسینی، سیدمحمد، "برنامه ریزی مهندسی حمل و نقل و تحلیل جابجایی مواد"، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ سوم (1386).
- 3- شریف زادگان ، محمدحسین و عشق آبادی، فرشید، "ارزیابی و مقایسه چهار سناریوی مختلف مدل کاربری زمین از نوع مدل گرین - لاری، به منظور مطالعه اشتغال و جمعیت بر اساس اقتصاد پایه (مطالعه موردی شهر تهران)"، مجله تحقیقات اقتصادی، بهمن و اسفند 85.
- 4- شفیع پور، مجید، "مهندسی آلودگی هوا"، مؤسسه نشر شهر، چاپ اول (1387).
- 5- سالنامه آماری شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران 1388
- 6- سالنامه آماری شهر تهران، 1388
- 7- Tehran Transport Emission Reduction, Air Quality Control Co. (AQCC), 2011.
- 8- Urbansim: Modeling urban Development for land use, transportation and Environmental Planning
- 9- Varmeth Vichiensan, Kazuaki Miyamoto; "Integrated Approach to Analyze Land-use Transport and Environment in Bangkok:Case study of railway Impact and TRANUS Application", Kasetstart University
- 10- Rolf Moechel, Bjorn Schwarze, Klous Spikermann, Michael Wegener; "SIMULATING INTERACTIONS BETWEEN LAND USE, TRANSPORT AND ENVIRONMENT", Institute of spatial planning, University of Dortmund (IRPUD), 2007.
- 11- Elena C.M c Donald-Buller, Alba webb, Lara M. Koehelman, Bin Zhao, "AIR Quality Impacts of transportation and land use policies: A case study in Austin, Texas", January 2010.
- 12- Jorge M. Bandeira, Margareda C. Coelho, Maria Elisa sa, Richard Tavares, Carlos Bovrego, "Impact of Land use of urban Mobility Patterns, Emission and air Quality in a Portuguese medium-sized city", university of oveiro, Department of Environment, 2010.



**Integrated Model of
Air pollution, Land use and Transportation demand in urban regions
A measure of evaluation for transportation and city planning projects
(The case of Tehran)**

**Hassan Parsay, MSc graduate in Transportation and Traffic, Science and
Research Branch of Islamic Azad University**

**Mahmoud Safarzadeh, Professor of TMU, Faculty of Civil Engineering and
Environment**

**Gholamreza Shiran, Assistant Professor of Isfahan University, Faculty of
Transportation**

Abstract

Transportation has a significant role in directing national goals of states all over the world. On the one hand, land use is a matter of great importance in regional planning, so we need to well understand different characteristics and needs of a given area when deciding on land use allocation. On the other hand, world cities will experience e transportation made air pollution in near future as a result of socioeconomic activities. Given the above concepts, planning and determining the capacity of environment to endure pollution for both transportation and economic activities is done to bring us a measure of evaluation for different projects (economical projects, social projects, land use projects and transportation projects) at local, regional, urban and metropolitan levels of consideration. In other words , this measure is going to be developed ,so that we are be able to control pollution in a permissible level .In other words, we try to determine the capacity of environment for pollution and then plan based on that estimate in order to control pollution at a permissible level which will lead to environmental damage reduction.

Since most classic models employ separate models for the transportation demand, land use and air-quality, the interrelations between the models are not well observed. This paper, on the one hand, is to define these interrelations in terms of the kind and the amount of existing interdependence between different variables. On the other, it attempts to inspect the reciprocal effects between urban forms, land use, intracity transportation demand and air quality. Air quality in this study is defined as the amounts of CO and NOX emitted by vehicles. In sum ,this paper seeks to develop an integrative model for decreasing the negative impacts of transportation on environment, improving the land use allocation and reducing the traffic congestion within cities.

Key words: Land use, Air pollution, Transportation demand and Integrated Models