



## ارزیابی اثرات احداث مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال بر شاخص‌های سیستم حمل و نقل شهری تهران

سید سجاد حسینی، عباس بابازاده\*

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

### تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶  
بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۰۸  
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۳  
ارائه آنلاین: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶

### کلمات کلیدی:

کاربری‌های فرامنطقه‌ای  
مدل جذب سفر  
نشر آلاینده‌های گازی  
توسعه پایدار

**خلاصه:** پیش‌بینی درست اثرات کاربری‌های شهری بر شاخص‌های سیستم حمل و نقل نقشی اصلی در سیاست‌گذاری و مدیریت ترافیکی شهری دارد. در این مقاله، با استفاده از روش مدل‌سازی ۴-مرحله‌ای حمل و نقل، اثرات احداث مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال بر شاخص‌های کلی سیستم حمل و نقل شهری تهران و نیز محل احداث آن یعنی منطقه ۲۲ بررسی می‌شوند. برای پیش‌بینی جذب سفر این مجتمع، مدل‌های جذب سفر کاربری‌های فرامنطقه‌ای، با استفاده از اطلاعات شمارش حجم و پرسشگری، پرداخت می‌شوند. سپس دو سناریو برای افق سال ۱۴۰۰ شهر تهران در نظر گرفته می‌شود. در سناریوی اول، وضعیت سیستم حمل و نقل شهری تهران قبل از احداث این مجتمع، و در سناریوی دوم، وضعیت سیستم پس از احداث آن شبیه‌سازی می‌شود. این شبیه‌سازی‌ها در محیط نرم‌افزار emme انجام شده، و برای هر دو سناریو شاخص‌های سیستم حمل و نقل تهران، شامل شاخص‌های شبکه معابر، تقاضای خودروی شخصی و حمل و نقل همگانی، میزان نشر گازهای آلاینده هوا و مصرف سوخت محاسبه می‌شوند. مقایسه نتایج این دو سناریو نشان می‌دهد که در صورت احداث تهران مال، تقاضای سفر با حمل و نقل همگانی حدود ۰/۴۴ درصد در کل شهر تهران، و ۱۱/۰۹ درصد در منطقه ۲۲ افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین، سرعت متوسط در کل شبکه ۱/۰۲ درصد افزایش یافته و مصرف بنزین و تولید آلاینده CO به ترتیب ۱/۰۰ درصد و ۰/۶۴ درصد کاهش می‌یابند. این نتایج نشان می‌دهند که احداث یک مجتمع جذب فرامنطقه‌ای در منطقه‌ای با ظرفیت ترافیکی غیراشباع توانسته است با جذب بخشی از تقاضای سفر از سایر نواحی، باعث بهبود شاخص‌های سیستم حمل و نقل شهری شود.

### ۱- مقدمه

موارد با اهمیت در مباحث سیاست‌گذاری‌های ترافیکی و مدیریت شهری است. دلیل این امر نقش کلیدی سیاست‌های اتخاذ شده در مورد اندرکنش کاربری‌های شهری و سیستم حمل و نقل، و اثرگذاری آن‌ها بر مواردی همچون سطح کیفیت زندگی افراد جامعه، عدالت اجتماعی، مسائل زیست - محیطی و به عبارت کلی، توسعه پایدار شهری است. بر همین اساس برنامه‌ریزی‌های کوتاه و بلند مدت برای بررسی اثرات متقابل کاربری‌های شهری و سیستم حمل و نقل یک شهر در آینده از نیازهای اساسی هر کلان‌شهر به منظور دستیابی به توسعه پایدار شهری است. این امر نیازمند شناخت کاربری‌های شهری و ارائه راهکارهایی برای بیان چگونگی تعامل آن‌ها با سیستم حمل و نقل است.

از دهه ۱۹۶۰ به بعد، پژوهشگران حوزه برنامه‌ریزی حمل و نقل دریافته‌اند که به علت محدودیت منابع مالی، محدودیت زمین و اثرات نامطلوب زیست - محیطی، توسعه وسیع شبکه راه‌ها امکان‌پذیر نیست. در همین راستا،

امروزه در بسیاری از شهرهای در حال توسعه دنیا، توسعه نامناسب فضاهای شهری، تراکم رو به گسترش کاربری‌های جاذب سفر و به دنبال آن افزایش سفرهای درون‌شهری، باعث بروز مشکلات بسیار شده است. از جمله این مشکلات، افزایش مالکیت وسایل نقلیه و وابستگی بیشتر به حمل و نقل با سواری شخصی است که تأثیری منفی بر توسعه پایدار شهری دارند. در دهه‌های اخیر، مفهوم توسعه شهری در سراسر جهان به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. به همین دلیل ارتباط بین عوامل موثر بر افزایش سفرهای انجام شده با خودرو شخصی و تولید گازهای گلخانه‌ای که از مباحث پایداری زیست - محیطی منطقه‌ای هستند، برای مدیران و برنامه‌ریزان حوزه حمل و نقل و شهرسازی دارای اهمیت بسیار است.

تعامل میان کاربری‌های شهری و سیستم حمل و نقل شهری از جمله

\* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: ababazadeh@ut.ac.ir

رویکرد فرامنطقه‌ای تحلیل کرد. این مطالعه تاثیر قابل توجه این مجتمع را بر وضعیت ترافیکی شبکه حمل و نقل تهران نشان داد. اسماعیل و کدهیم [۸] در سال ۲۰۲۰، بر اساس نتایج یک آمارگیری در سه مرکز خرید بزرگ جدید در شهر بغداد، شش مدل جذب سفر برای کاربری‌های تجاری در مقیاس فرامنطقه‌ای پرداخت کردند. آن‌ها نشان دادند که احداث مجتمع‌های بزرگ مقیاس تجاری می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر توزیع تقاضای سفر داشته باشد. این مطالعه، در ضمن، حساسیت نرخ جذب سفر یک کاربری فرامنطقه‌ای را به پارامترهای فضایی مانند تعداد واحد تجاری و مساحت کاربری‌ها نشان داد. یکی از نواقص مدل حمل و نقلی شهر تهران عدم در نظرگیری تاثیر مجتمع‌های فرامنطقه‌ای و رفتار متفاوت آن‌ها در جذب سفر از سایر نواحی ترافیکی است. برای نمونه، مدل موجود جذب سفر ناحیه‌ای شهر تهران برای هدف سفر خرید شامل متغیر "تعداد اشتغال شاغل" با ضریب ۰/۱۵ و متغیر "تعداد واحد کسبی ضربدر سرانه سواری" با ضریب ۱/۶۷ است. با توجه به اینکه سرانه سواری تهران در سال ۱۴۰۰ حدود ۰/۴ است، بنابراین، مدل تهران به ازای هر واحد کسبی حدود ۰/۷ سفر در روز به جذب سفر ناحیه اضافه می‌کند. هر چند که این برآورد به طور متوسط برای نواحی عادی (مثل نواحی منطقه ۱۰ یا منطقه ۱۶ شهرداری) قابل قبول است، ولی برای نواحی شامل کاربری‌های فرامنطقه‌ای (مثل منطقه ۲ که شامل مجتمع تجاری میلاد نور است) بسیار کم است. این امر باعث ایجاد خطا در برآورد تقاضای شهر تهران شده، و در نتیجه در تصمیم‌گیری‌های کلان حمل و نقلی برای این شهر تاثیر منفی می‌گذارد. بنابراین، مدل‌سازی جذب سفر کاربری‌هایی فرامنطقه‌ای از نیازهای اساسی مدل حمل و نقلی شهر تهران است. در این مطالعه، چهار مدل جذب سفر فرامنطقه‌ای به تفکیک نوع کاربری، بر اساس اطلاعات شمارش حجم و پرسشگری، برای شهر تهران ساخته می‌شود. این مدل‌ها از نوع مدل‌های جاذبه هستند، یعنی علاوه بر خصوصیات مقصد سفر (مثل مساحت کاربری‌های مختلف) به خصوصیات ناحیه مبدأ سفر (جمعیت و متوسط سرانه سواری ناحیه) و نیز فاصله بین مبدأ و مقصد وابسته هستند. بنابراین، در مقایسه با روش‌های نرخ جذب که فقط به خصوصیات مقصد سفر وابسته‌اند، این مدل‌ها امکان ارزیابی بهتر اثرات احداث مجتمع‌های بزرگ را بر تقاضای آینده سیستم حمل و نقل شهر تهران و نیز بر شاخص‌های زیست - محیطی این سیستم فراهم می‌کنند. به علاوه، به منظور نشان دادن کارایی مدل‌های پرداخت شده، اثرات احداث مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال بر شاخص‌های ترافیکی و زیست - محیطی سیستم حمل و نقل شهر تهران با استفاده از مدل‌های ساخته شده ارائه می‌شود برای شبیه‌سازی ترافیکی

تاکید بر استفاده بهتر از ظرفیت‌های شبکه معابر موجود و مدیریت تقاضا از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که شناخت و مدیریت کاربری‌های بزرگ یکی از روش‌های مؤثر در مدیریت تقاضای ترافیک است [۱]، چرا که این کاربری‌ها و فعالیت‌هایی که در آن‌ها صورت می‌گیرد تاثیر به سزایی در جذب سفرها دارد [۲]. لذا ایجاد هماهنگی بین کاربری‌های جاذب سفر و سیاست‌های حمل و نقل شهری می‌تواند بر کاهش هزینه‌های حمل و نقل و تراکم ترافیک در کلان شهرها تاثیر زیادی داشته باشد. همواره در کلان‌شهرهایی مانند تهران، مجتمع‌هایی وجود دارند که از آن‌ها به عنوان کاربری‌های جاذب سفرهای فرامنطقه‌ای یاد می‌شود. ماهیت این مجتمع‌های بزرگ مقیاس که غالباً مراکز تجاری-تفریحی هستند، به گونه‌ای است که نسبت به کاربری‌های مجاور خود، جذب سفر بیشتری دارند. همچنین سفرهای جذب شده به این مجتمع‌ها فرامنطقه‌ای بوده، یا به عبارتی سفرهای جذب شده به این کاربری‌ها از متوسط سفرهای جذب شده به سایر نواحی ترافیکی بیشتر است [۳].

اودین و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۲، مطالعه‌ای بر روی نرخ جذب سفر مجتمع‌های تجاری-تفریحی انجام دادند. آن‌ها در این مطالعه از روش تحلیل نرخ سفر برای تخمین نرخ جذب سفر مجتمع‌های تجاری-تفریحی فرامنطقه‌ای استفاده کردند. برای این منظور شش مجتمع بزرگ در شهر داکا هندوستان مورد بررسی قرار گرفتند و نشان داده شد رابطه معناداری بین فضاها پارکینگ موجود، سطح زیربنا و تعداد واحدهای تجاری و تفریحی با نرخ جذب سفر هر مجتمع وجود دارد. در مطالعه دیگری که در سال ۲۰۱۳ انجام شد، جورج و همکاران [۵] یک مدل رگرسیون چندجمله‌ای برای جذب سفر کاربری‌های تجاری فرامنطقه‌ای ارائه داده و عواملی مانند تعداد شاغلین و مساحت تجاری را به عنوان مهم‌ترین عوامل جذب سفر این کاربری‌ها معرفی کردند. در سال ۲۰۱۶، اکثر و همکاران [۶] در مطالعه‌ای که بر روی نرخ سفرسازی مراکز خرید بزرگ مقیاس انجام دادند، نشان دادند که احداث یک مجتمع تجاری بزرگ تاثیر شگرفی در وضعیت ترافیکی و رفتار مسافری در آن ناحیه و سایر نواحی ترافیکی شهری دارد. در مطالعه‌ای که توسط صابرنژاد و رموک [۳] در سال ۱۳۹۳ انجام شد، مدل‌های جذب سفر برای تعدادی از مراکز خرید، مجتمع‌های تفریحی و مراکز درمانی شهر تهران ساخته شدند. این مدل‌ها به منظور شبیه‌سازی نرخ جذب سفر کاربری‌های جاذب سفر و در حال احداث در منطقه ۲۲ تهران به کار گرفته شده‌اند. اسفندی [۷] در مطالعه‌ای دیگری که در سال ۱۳۹۵ انجام شد، نرخ جذب سفر مجتمع مگامال تهران را به عنوان یک کاربری چندمنظوره با

داده می‌شود. در واقع، برای هر مجتمع دو بردار به دست می‌آید که بیانگر تعداد سفرهای روزانه جذب شده از هر ناحیه ترافیکی به ناحیه مربوط به آن مجتمع برای اهداف خرید و تفریح هستند. در نتیجه، از مدل‌های جذب سفر پیشنهادی می‌توان به منظور عارضه‌سنجی ترافیکی مجتمع‌های بزرگ، حتی قبل از آن که احداث شوند، استفاده کرد.

به منظور پرداخت مدل‌های جذب سفر کاربری‌های فرامنطقه‌ای، تعدادی از مجتمع‌های مهم فرامنطقه‌ای با کاربری یکپارچه (مثلاً فقط تجاری) برای مدل‌سازی انتخاب شدند. این مجتمع‌ها شامل هایپر استار باکری (کاربری هایپر)، مجتمع تجاری میلاد نور (کاربری تجاری، پردیس سینمایی ملت (کاربری سینما و آمفی‌تئاتر) و همچنین شهرسازی سرزمین عجایب مجتمع تیراژه (کاربری شهرسازی) می‌باشند. اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی از سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران دریافت شد. این اطلاعات شامل اطلاعات شمارش حجم و پرسشگری همزمان در یک روز کاری در تیر ماه ۱۳۹۸ است. اطلاعات شمارش حجم شامل تعداد افراد ورودی به هر مجتمع طی ۱۲ ساعت به تفکیک بازه‌های ۱۵ دقیقه‌ای، و اطلاعات پرسشگری شامل اطلاعات مبدأ سفر هر فرد ورودی به مجتمع است. تعداد سفرهای جذب شده به هر کاربری به تفکیک ناحیه مبدأ سفر بر اساس اطلاعات شمارش حجم تعیین شدند. همچنین، از اطلاعات پرسشگری به منظور شناخت الگوی سفرهای جذب شده و به دست آوردن بردار توزیع این سفرها استفاده شد. مدل‌های جاذبه رایج‌ترین مدل‌های پیش‌بینی جذب سفر برای اهدافی مانند خرید و تفریح به شمار می‌روند که در مدل‌سازی تعاملات مکانی نیز بسیار پرکاربرد می‌باشند [۱۱]. منظور از مدل‌های جاذبه مدلی است که جذب سفر از نواحی ترافیکی به ناحیه مقصد را، علاوه بر خصوصیات ناحیه مبدأ و مقصد، به صورت تابعی از عامل مقاومت در برابر سفر (مانند: زمان، مسافت سفر، هزینه، یا ترکیبی از آن‌ها) ارائه می‌کنند. در این مدل‌ها، هر چه میزان مقاومت بین مبدأ و مقصد سفر افزایش یابد، احتمال انجام سفر کمتر می‌شود. در این مطالعه مدل‌هایی از نوع جاذبه برای پیش‌بینی جذب سفر روزانه به هر یک از کاربری‌های فرامنطقه‌ای هایپر، پردیس سینمایی، تجاری و تفریحی سرپوشیده با استفاده از نرم‌افزار STATA پرداخت شدند. جدول ۱ مدل‌های جذب پرداخت شده برای این کاربری‌ها و نیز اطلاعات ارزیابی هر مدل را نشان می‌دهد. این مدل‌ها نرمال شده هستند، یعنی تعداد جذب سفر روزانه هر کاربری را برای واحد محاسبه مربوط به آن کاربری برآورد می‌کنند. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد، جذب سفر کاربری‌های هایپر و تفریحی برای هر هکتار، جذب سفر

اثرات این کاربری، از این مدل ۴-مرحله‌ای حمل و نقل شهری تهران در دو حالت قبل از احداث این کاربری (وضع موجود ۱۴۰۰) و پس از احداث آن در سال ۱۴۰۰ استفاده می‌شود. سپس به بررسی و تحلیل اثرات احداث این کاربری بر شاخص‌های ترافیکی و زیست - محیطی سیستم حمل و نقل شهری تهران در سال ۱۴۰۰ پرداخته می‌شود.

## ۲- پرداخت مدل جذب سفر کاربری‌های فرامنطقه‌ای

برای برآورد جذب سفر مجتمع‌های چندمنظوره چندین دیدگاه وجود دارد. در یکی از این دیدگاه‌ها، بر اساس پیشنهادهای گزارش تولید سفر (ITE)، نرخ جذب سفر هر یک از واحدهای تشکیل دهنده مجتمع چندمنظوره به صورت مستقل و با رویکرد خردنگر به صورت موردی اندازه‌گیری شده و مجموع سفرهای جذب شده به هر یک از واحدها پس از وزن‌دهی به کل مجتمع نسبت داده می‌شود [۹]. در دیدگاهی دیگر، با استفاده از رویکرد کلان‌نگر، مجموعه واحدهای تشکیل دهنده مجتمع چندمنظوره به صورت چند کاربری اصلی در نظر گرفته می‌شود. سپس، با صرف نظر کردن از ماهیت واحدهای خرد، مدل‌های جذب سفر بر اساس متغیرهایی مانند مساحت کلی هر نوع کاربری (مانند کاربری تجاری یا کاربری هایپر) توسعه می‌یابد [۱۰].

در مورد کاربری‌های جاذب سفر فرامنطقه‌ای، علاوه بر برآورد سفرهای جذب شده، شناخت الگوی سفرهای جذب شده نیز به دلیل ماهیت فرامنطقه‌ای آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. کاربری‌های اصلی در مدل‌های فرامنطقه‌ای معمولاً کاربری‌های تجاری- تفریحی در مقیاس بزرگ هستند (مانند مجموعه ایران مال، مجتمع کوروش و مرکز خرید پالادیوم). این مراکز جاذب سفر، که تعدادشان نیز رو به افزایش است، معمولاً شامل کاربری‌های گوناگون مانند واحدهای تجاری، سالن‌های سینمایی، شهرسازی‌ها و هایپرمارکت‌ها هستند. همچنین الگو و نرخ جذب سفر هر یک از این کاربری‌ها با یکدیگر تفاوت دارد.

در مطالعه حاضر برای هر نوع کاربری اصلی (هایپر، پردیس سینمایی، تجاری و تفریحی سرپوشیده) یک مدل جذب سفر ارائه می‌شود، که تعداد سفرهای روزانه جذب شده توسط آن کاربری از ناحیه مبدأ  $A$  به ناحیه مقصد  $J$  (که کاربری در آن قرار دارد) را برآورد می‌کند. سپس، جذب سفر به هر مجتمع فرامنطقه‌ای برای هدف سفر خرید برابر با مجموع جذب‌های سفر مربوط به کاربری‌های هایپر و تجاری، و برای هدف سفر تفریح برابر جذب‌های مربوط به کاربری‌های پردیس سینمایی و تفریحی سرپوشیده قرار

جدول ۱. مدل‌های جذب سفر روزانه کاربری‌های فرامنطقه‌ای تهران

Table 1. Trip attraction models for Tehran's trans regional land uses

کاربری	واحد محاسبه	مدل نرمال شده	آماره t	خطای معیار
هایپر	به ازای هر هکتار	$T_{ij} = 55.388 (d_{ij})^{-0.869} \cdot VP_i \cdot P_i$	ضریب ۱۳/۰۲ توان ۱۳/۸۷	ضریب ۳/۸۳۰ توان ۰/۰۶۲
تجاری	به ازای هر واحد تجاری	$T_{ij} = 3.068 (d_{ij})^{-0.466} \cdot VP_i \cdot P_i$	ضریب ۹/۰۷ توان ۲/۷۵	ضریب ۰/۰۸۸ توان ۰/۳۴۷
پردیس سینمایی	به ازای هر ۱۰۰۰ صندلی	$T_{ij} = 1.677 (d_{ij})^{-0.622} \cdot VP_i \cdot P_i$	ضریب ۱۰/۸۱ توان ۸/۶۸	ضریب ۰/۱۶۸ توان ۰/۰۷۱
فضای تفریحی سرپوشیده	به ازای هر هکتار	$T_{ij} = 0.085 (d_{ij})^{-1.353} \cdot VP_i \cdot P_i$	ضریب ۷/۵۹ توان ۵/۷۴	ضریب ۰/۰۹۳ توان ۲/۴۵۱

$T_{ij}$ : تعداد سفر جذب شده از ناحیه مبدأ  $i$  به کاربری فرامنطقه‌ای واقع در ناحیه مقصد  $j$ ،

$d_{ij}$ : فاصله ناحیه مبدأ  $i$  تا ناحیه مقصد  $j$  بر حسب کیلومتر،

$VP_i$ : سرانه مالکیت سواری شخصی ناحیه مبدأ  $i$ ،

$P_i$ : جمعیت ناحیه مبدأ  $i$  بر حسب هزار نفر.

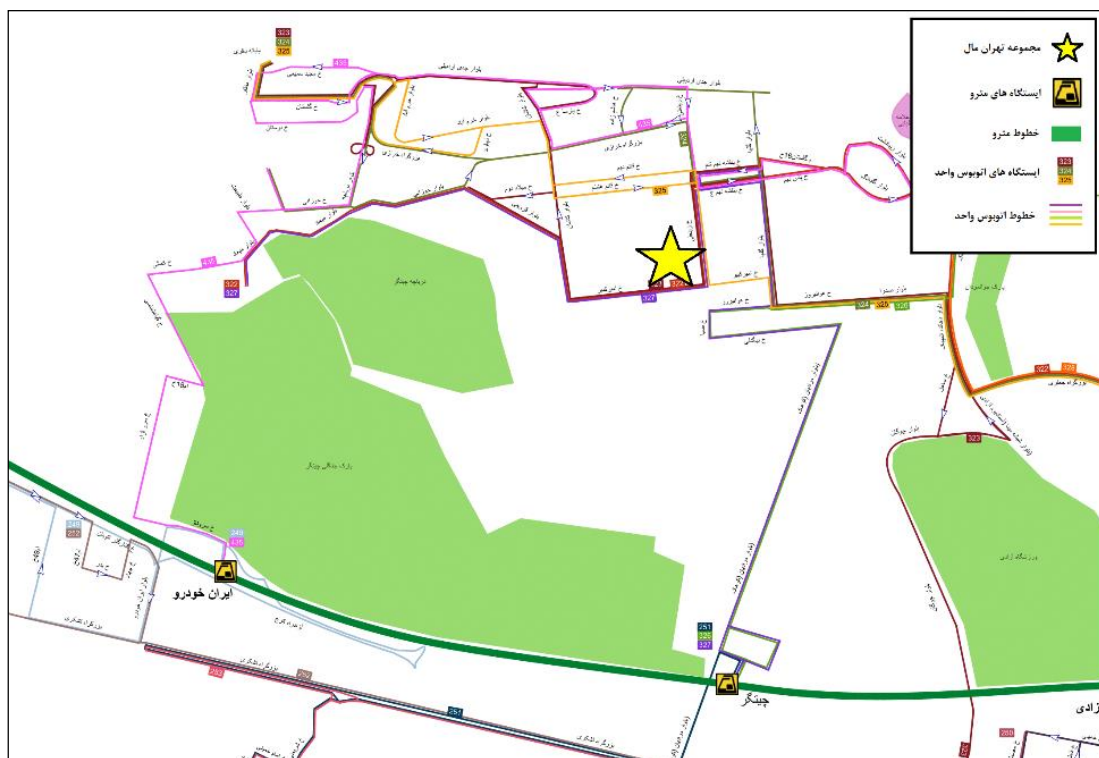
### ۳- مشخصات مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال

مجتمع‌های تجاری-تفریحی در ابعاد بزرگ معمولاً شامل کاربری‌های فرامنطقه‌ای هستند. کاربری‌های فرامنطقه‌ای دارای جذب سفر بیشتری نسبت به کاربری‌های مجاور خود هستند. در ضمن، این جذب سفر فقط محدود به ناحیه کاربری فرامنطقه‌ای و نواحی مجاور آن نیست، بلکه بخش عمده آن از سایر نواحی شهری صورت می‌گیرد. در سال‌های اخیر در کلان‌شهر تهران نیز موارد متعددی از این دست کاربری‌ها احداث شده است. از جمله این موارد می‌توان به مجتمع ایران‌مال، مجتمع کوروش و هایپر استار اشاره کرد. تقاضای روزافزون مردم برای استفاده از مجتمع‌های بزرگ تجاری و تفریحی موجب شده است تا سرمایه‌گذاری‌های بیشتری برای ساخت چنین مجتمع‌هایی در سال‌های اخیر انجام شود. در نتیجه، انتظار می‌رود تعداد کاربری‌های فرامنطقه‌ای در آینده نزدیک افزایش چشمگیری داشته باشد. در حال حاضر نیز تعداد زیادی از این دست کاربری‌ها در شرف احداث یا بهره‌برداری هستند. با توجه به تاثیرگذاری قابل توجه این کاربری‌ها بر توزیع تقاضای شهری، بررسی آثار و پیامدهای احداث و بهره‌برداری آن‌ها دارای اهمیت است.

از جمله کاربری‌های با رویکرد فرامنطقه‌ای در حال احداث در شهر تهران، مجتمع تجاری-تفریحی تهران مال است. مجتمع تجاری تفریحی

کاربری تجاری برای هر واحد تجاری، و جذب سفر کاربری پردیس سینمایی برای هر هزار صندلی سینمایی ارائه شده‌اند. در ضمن، ملاحظه می‌شود که آماره‌های  $t$  محاسبه شده برای هر دو پارامتر (ضریب و توان) استفاده شده در هر یک از این چهار مدل جذب در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار هستند.

برای برآورد جذب هر مجتمع فرامنطقه‌ای، ابتدا لازم است که اطلاعات کاربری‌های موجود در آن مجتمع بر حسب واحدهای ارائه شده در جدول ۱ تعیین شوند (مساحت برای کاربری‌های هایپر و تفریحی، تعداد واحدهای تجاری و تعداد صندلی سالن‌های سینمایی). سپس، جذب سفر روزانه نرمال شده مجتمع برای هر یک از چهار کاربری ارائه شده در جدول ۱ (برای مثال، جذب سفر بر واحد تجاری برای کاربری تجاری) توسط مدل‌های جذب پیشنهادی محاسبه و در تعداد واحد آن کاربری (مثل تعداد واحد تجاری برای کاربری تجاری) ضرب می‌شود. سپس، جذب سفر کلی مجتمع برای هدف سفر خرید برابر با جمع جذب سفر کاربری‌های هایپر و تجاری، و جذب سفر کلی مجتمع برای هدف سفر تفریح برابر با جمع جذب سفر کاربری‌های سینما و فضای تفریحی قرار داده می‌شود. مقادیر به دست آمده با اجزاء نظیر خود در ماتریس‌های توزیع سفر روزانه اهداف خرید و تفریح جمع می‌شوند. این روش هم برای مجتمع‌های موجود و هم مجتمع‌های در دست احداث قابل استفاده است.



شکل ۱. موقعیت مجتمع تهران مال و دسترسی آن به خطوط و ایستگاه‌های حمل و نقل همگانی

Fig. 1. Location of Tehran Mall Complex and its access to public transportation lines and stations

تقاضای حمل و نقل همگانی را برای این مجتمع فراهم کرده است. شکل ۱ موقعیت این کاربری و دسترسی آن به خطوط و ایستگاه‌های حمل و نقل همگانی را نشان می‌دهد.

#### ۴- ارزیابی اثرات مجتمع تهران مال

همانطور که در بخش‌های بالا گفته شد، مدل‌سازی اثرات کاربری‌های جاذب سفر فرامنطقه‌ای بر تقاضای حمل و نقل شهری یک نیاز اساسی برای ارزیابی احداث مجتمع‌های بزرگ مقیاس تجاری-تفریحی است. در این بخش، با استفاده از مدل‌های جذب سفر کاربری‌های فرامنطقه‌ای ارائه شده در بخش ۲، سناریوی احداث مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال برای سال افق سال ۱۴۰۰ مدل‌سازی و تحلیل می‌شود. برای مدل‌سازی احداث این کاربری و بررسی اثرات آن از آخرین بازنگری مدل ۴-مرحله‌ای حمل و نقل شهر تهران [۱۲] (شامل مدل‌های تقاضای سفر و تخصیص ترافیک)، که در نرم‌افزار emme [۱۳] پیاده‌سازی شده است، استفاده می‌شود. شایان ذکر است که مدل‌های تفکیک وسیله سفر و تخصیص ترافیک تهران تنها

تهران مال در تقاطع بلوار امیرکبیر و شهید زینعلی واقع در شهرک گلستان در ناحیه ترافیکی ۶۱۳ و منطقه ۲۲ شهرداری تهران (که دای پتانسیل جمعیتی بسیار بالایی است) در حال احداث است. احداث این مجتمع از سال ۱۳۹۱ شروع شده و در سال ۱۴۰۰ نیز بهره‌برداری خواهد شد. این مجتمع در زمینی به مساحت ۲۳۰۰۰ هزار متر مربع احداث شده و ترکیبی از کاربری‌های فرامنطقه‌ای است. این کاربری‌ها شامل ۶۰۰ واحد تجاری، یک طبقه هایپر با مساحت ۱/۳۰ هکتار، سالن سینمایی و همایش با ظرفیت ۱۰۰۰ صندلی و همچنین ۲/۲۰ هکتار فضای تفریحی شامل رستوران، فودکورت و شهرسازی سرپوشیده است.

ترکیب کاربری‌های تجاری و تفریحی مجتمع تهران مال در ابعاد گسترده و نیز موقعیت این مجتمع در همسایگی نزدیک کاربری‌هایی مانند هتل‌های پنج ستاره، ورزشگاه بزرگ آزادی، بزرگ‌ترین مرکز مغز و اعصاب خاورمیانه، دریاچه و پارک جنگلی چیتگر و بازار بزرگ ایران مال، افزایش جذب سفرهای فرامنطقه‌ای را در پی دارد. از طرفی، وجود زیرساخت‌های مناسب حمل و نقل همگانی در مجاورت این کاربری، پتانسیل بالای جذب

برای ساعت اوج صبح (متوسط ۷ تا ۹) ساخته شده‌اند. در ضمن، در مدل ۴-مرحله‌ای تهران، محدوده مطالعه (شامل شهر تهران، نواحی اطاف و محورها) به ۷۳۹ ناحیه ترافیکی تقسیم شده است که ۶۷۰ ناحیه آن مربوط به شهر تهران است. این ۶۷۰ ناحیه در منطقه ۲۲ شهرداری قرار می‌گیرند. دو سناریوی متفاوت برای ارزیابی مجتمع تهران مال تعریف می‌شود. سناریوی ۱ وضع موجود اوج صبح سال ۱۴۰۰ با فرض عدم وجود تهران مال است. در این سناریو، جذب سفر روزانه هر ناحیه در سال ۱۴۰۰ برای هر یک از اهداف سفر (شغلی، تحصیلی، خرید، تفریح، و غیر خانه - مینا) به طور معمول توسط مدل‌های جذب سفر تهران برآورد شده، و سپس ماتریس‌های سفر روزانه به تفکیک اهداف توسط مدل توزیع سفر محاسبه می‌شوند. سناریوی ۲ مشابه با سناریوی ۱ است، با این تفاوت که مجتمع تهران مال در آن ساخته شده فرض می‌شود. در این سناریو، جذب سفر روزانه تهران مال از هر کدام از ۶۷۰ ناحیه شهر تهران برای اهداف سفر خرید و تفریح توسط مدل‌های پیشنهادی جذب فرامنطقه‌ای برآورد شده و اعداد حاصل به صورت دو بردار ستونی (از همه نواحی به ناحیه ۶۱۳) با ماتریس‌های توزیع سفر روزانه مربوط به اهداف خرید و تفریح جمع می‌شوند. مدل‌سازی این مجتمع در نرم‌افزار emme به صورت اختلاط کاربری‌های هایپر، تجاری، پردیس سینمایی، فضای تفریحی انجام می‌شود. این کاربری‌ها شامل ۱/۳ هکتار مساحت هایپر، ۶۰۰ واحد تجاری، پردیس سینمایی با ظرفیت ۱۰۰۰ صندلی، و ۲/۲ هکتار مساحت برای فضای سرپوشیده تفریحی می‌باشند. برای محاسبه جذب سفر روزانه تهران مال از هر ناحیه ترافیکی مفروض، ابتدا جذب سفر روزانه نرمال شده مجتمع در سال ۱۴۰۰ برای هر یک از این چهار کاربری توسط مدل‌های جذب ارائه شده در جدول ۱ محاسبه شده، و سپس عدد مربوط به هر کاربری در تعداد واحد آن کاربری (مثل ۶۰۰ تعداد واحد تجاری برای کاربری تجاری) ضرب می‌شود. در نهایت، جذب سفر روزانه با هدف خرید از آن ناحیه به مجتمع تهران مال برابر با جمع اعداد به دست آمده مربوط به کاربری‌های هایپر و تجاری، و جذب سفر روزانه با هدف تفریح از آن ناحیه برابر با جمع اعداد به دست آمده برای کاربری‌های سالن سینما و فضای تفریحی قرار داده می‌شوند. جدول ۲ برآورد کل سفرهای جذب شده (خرید و تفریح) از مناطق شهرداری تهران به مجتمع تهران مال را در یک ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰ نشان می‌دهد. توجه شود که اعداد این جدول با اعمال ضرایب ساعت اوج در جذب سفر روزانه به دست آمده‌اند. جدول ۳ مقایسه‌ای بین جذب سفرهای برآورد شده برای اهداف خرید و تفریح توسط نرخ‌های پیشنهادی مطالعه اسفندی [۷] و مدل‌های جذب

فرمانطقه‌ای این مطالعه ارائه می‌کند. همانطور که ملاحظه می‌شود، جذب سفرهای برآورد شده توسط این دو روش اختلاف فاحشی با هم دارند. در مجموع، نرخ‌های جذب ارائه شده در مطالعه [۷] نسبت به مدل‌های جاذبه پیشنهادی این مطالعه دارای نقاط ضعفی به شرح زیر هستند:

۱- این نرخ‌های جذب بر اساس اطلاعات فقط مجتمع فرمانطقه‌ای مگا مال به دست آمده است، در حالی که مطالعه حاضر از اطلاعات چهار مجتمع مختلف استفاده کرده است،

۲- نرخ‌های جذب در طول زمان ثابت است، در حالی که مدل‌های جذب پیشنهادی این مطالعه به رشد جمعیت و تغییرات سرانه سواری شهروندان وابسته‌اند،

۳- نرخ‌های جذب فقط برای محاسبه کل جذب مجتمع از سطح شهر قابل استفاده‌اند، ولی مدل‌های جذب پیشنهادی قادرند توزیع جذب سفر از نواحی ترافیکی به مجتمع را محاسبه کنند.

برای ارزیابی اثرات احداث مجتمع تهران مال، مدل ۴-مرحله‌ای حمل و نقل شهر تهران [۱۲] در نرم‌افزار emme برای هر کدام از سناریوهای ۱ و ۲ اجرا می‌شود. این مدل ۴-مرحله‌ای شامل برآورد تقاضا به تفکیک اهداف سفر (شامل مدل‌های تولید و جذب سفر، توزیع سفر، و تفکیک شیوه سفر) و تخصیص ترافیک (شامل مدل تخصیص سواری و تخصیص همگانی) است. تنها تفاوت سناریوی ۲ نسبت به سناریوی ۱ این است که، پس از برآورد تولید و جذب نواحی و برآورد توزیع سفر بین نواحی به تفکیک اهداف سفر، بردار جذب سفر خرید ناحیه ۶۱۳ با ماتریس توزیع سفر خرید، و بردار جذب سفر تفریح ناحیه ۶۱۳ با ماتریس توزیع سفر تفریح جمع می‌شوند. سپس، ماتریس‌های توزیع سفر روزانه با اعمال ضرایب ساعت اوج صبح به ماتریس‌های توزیع ساعتی تبدیل می‌شوند. پس از این مراحل تفکیک وسیله سفر برای هر هدف سفر، و تخصیص‌های سواری و همگانی به طور یکسان برای هر دو سناریو انجام می‌شوند. تخصیص ترافیک شامل دو بار تخصیص سواری با استفاده از الگوریتم فرانک - ولف<sup>۱</sup> و چهار بار تخصیص همگانی با استفاده از الگوریتم استراتژی بهینه<sup>۲</sup> است (لازم به ذکر است که قبل از تخصیص سواری همه وسایل نقلیه به جز اتوبوس و مترو به هم‌سنگ سواری تبدیل می‌شوند). شکل ۲ روند اجرای مدل ۴-مرحله‌ای تهران را در دو حالت بدون در نظرگیری جذب فرمانطقه‌ای مجتمع تهران مال (سناریوی ۱) و با در نظرگیری آن (سناریوی ۲) نشان می‌دهد. در این شکل، نحوه اعمال مدل‌های جذب فرمانطقه برای مجتمع تهران مال با مستطیل‌های

1 Frank-Wolfe Algorithm

2 Optimal Strategy Algorithm

جدول ۲. برآورد جذب سفر از مناطق شهرداری تهران به مجتمع تهران مال در یک ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰ توسط مدل‌های جذب این مطالعه

Table 2. Estimation of trip attraction from Tehran districts to Tehran Mall complex at morning peak hour

منطقه	تعداد سفر	منطقه	تعداد سفر
۱	۲۵۰	۱۲	۲۳۰
۲	۳۵۸	۱۳	۳۰۴
۳	۲۴۰	۱۴	۲۲۸
۴	۷۶	۱۵	۵۴
۵	۵۴۹	۱۶	۲۳۹
۶	۳۱۶	۱۷	۱۰۱
۷	۲۵۸	۱۸	۱۷۱
۸	۳۰۴	۱۹	۱۷۷
۹	۱۲۱	۲۰	۲۳۲
۱۰	۱۷۷	۲۱	۲۸۰
۱۱	۲۹۳	۲۲	۴۶۷
مجموع سفرهای جذب شده		۵۴۲۵	

جدول ۳. مقایسه برآورد جذب سفر خرید و تفریح به مجتمع تهران مال توسط روش مطالعه [۷] و روش این مطالعه در ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰

Table 3. Comparison of the estimation of attraction of shopping and recreational trips to Tehran Mall complex by study method [7] and method of this study at the peak hour of the morning

هدف سفر	کاربری	واحد محاسبه در مطالعه [۷]*	نرخ جذب سفر پیشنهادی در مطالعه [۷] (سفر بر ساعت اوج)	برآورد جذب سفر بر اساس نرخ‌های پیشنهادی مطالعه [۷]	برآورد جذب سفر بر اساس مدل‌های پیشنهادی این مطالعه
خرید	هایپر	هکتار	۴۰۶۸	۵۲۸۸	۱۵۵۷
	تجاری	هکتار	۴۶۵۰	۲۷۹۰	۱۳۵۳
تفریح	پردیس سینمایی	۱۰۰۰ صندلی	۳۶۰	۳۶۰	۳۵۲
	تفریحی	هکتار	۳۹۷	۸۷۴	۲۱۶۳
برآورد کل جذب سفر به در ساعت اوج			۹۳۱۲	۵۴۲۵	

\* مجتمع تهران مال شامل ۱/۳ هکتار کاربری هایپر، ۰/۶ هکتار (۶۰۰ واحد) تجاری، ۱۰۰۰ صندلی سینمایی و ۲/۲ هکتار فضای سرپوشیده تفریحی است.



شکل ۲. نحوه برآورد جذب سفر فرامنطقه‌ای مجتمع تهران مال (مستطیل‌های قرمز) در مدل ۴-مرحله‌ای تهران

Fig. 2. How to estimate transregional trip attraction of Tehran Mall complex (red rectangles) in 4-step model of Tehran



جدول ۴. تغییرات شاخص‌های شبکه معابر در محدوده شهر تهران در ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰ پس از احداث مجتمع تهران مال

Table 4. Measures of the transportation network in Tehran after the construction of Tehran Mall complex

شاخص	سناریو ۱ (وضع موجود)	سناریو ۲ (پس از احداث تهران مال)	درصد تغییرات
تعداد کل سفرهای مبدأ - مقصد ساکنین (نفر)	۱۶۹۰۱۸۰	۱۶۹۱۱۴۷	+۰/۰۵
مسافت طی شده در شبکه (وسیله - کیلومتر)	۹۱۶۶۹۶۶	۹۲۴۲۱۳۹	+۰/۸۲
زمان صرف شده در شبکه (وسیله - ساعت)	۴۵۹۸۲۷	۴۵۴۰۷۲	-۱/۲۷
سرعت متوسط (کیلومتر بر ساعت)	۱۹/۶	۱۹/۸	+۱/۰۲

قرمز رنگ نشان داده شده است.

(محل احداث تهران مال) نشان می‌دهند. بر اساس نتایج جدول ۴، تعداد کل سفرهای انجام شده ساکنین شهر تهران پس از احداث مجتمع تهران مال تغییرات محسوسی ندارد (تنها ۹۶۷ سفر اضافه می‌شود). با این وجود، بر اساس نتایج جدول ۵، تعداد سفرهای تولید و جذب شده منطقه ۲۲ پس از احداث این مجتمع به طور محسوسی افزایش می‌یابد. به عبارتی، در صورت احداث مجتمع تهران مال، تعداد زیادی از سفرهای انجام شده در شهر تهران از منطقه ۲۲ تولید می‌شوند (عمدتاً سفرهای غیر خانه - مینا و بازگشت به منزل) و تعداد بیشتری نیز به آن منطقه جذب می‌شوند (عمدتاً سفرهای خانه-مینا با اهداف خرید و تفریح). همین امر باعث افزایش مسافت طی شده و زمان سفر در شبکه معابر منطقه ۲۲، و در نتیجه کاهش سرعت متوسط وسایل نقلیه در این منطقه می‌شود.

نتایج جدول ۴ همچنین نشان می‌دهند که با وجود افزایش مسافت طی شده در شبکه معابر تهران پس از احداث تهران مال، زمان سفر صرف شده در شبکه کلی کاهش و سرعت متوسط سواری افزایش می‌یابد. دلیل این موضوع می‌تواند جذب بخشی از سفرها به منطقه ۲۲ (در سناریوی ۲) به جای محدوده مرکزی شهر (سناریوی ۱) باشد. یعنی، به علت ظرفیت بیشتر و شلوغی کمتر شبکه معابر منطقه ۲۲ نسبت به محدوده مرکزی شهر، علی‌رغم افزایش مسافت سفرها، سرعت متوسط شبکه افزایش یافته است.

خروجی مدل ۴-مرحله‌ای تهران برای سناریوهای ۱ و ۲ شامل جریان هم‌سنگ سواری در شبکه معابر، و جریان مسافر در شبکه همگانی برای ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰ است. با استفاده از جریان‌های به دست آمده می‌توان طیف گسترده‌ای از شاخص‌های ترافیکی و زیست - محیطی سیستم حمل و نقل تهران را برای سناریوهای ۱ و ۲ محاسبه کرد. برخی از این شاخص‌ها برای مقایسه این دو سناریو و ارزیابی اثرات احداث مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال در بخش ۵ ارائه می‌شوند.

## ۵- نتایج و بحث

پس از اجرای مدل ۴ مرحله‌ای برای سناریوی ۱ (وضع موجود ساعت اوج صبح ۱۴۰۰) و سناریوی ۲ (سناریوی ۱ + احداث مجتمع تهران مال)، شاخص‌های مهم سیستم حمل و نقل تهران برای مقایسه این دو سناریو قابل محاسبه‌اند. این شاخص‌ها به سه گروه اصلی شاخص‌های شبکه معابر، شاخص‌های تقاضای سفر، و شاخص‌های زیست - محیطی تقسیم می‌شوند.

### ۵-۱- شاخص‌ها شبکه معابر

جدول ۴ و ۵ شاخص‌های کلی شبکه معابر برای سناریوهای ۱ و ۲ را به ترتیب در محدوده شهر تهران و در محدوده منطقه ۲۲ شهرداری

جدول ۵. تغییرات شاخص‌های شبکه معابر در محدوده منطقه ۲۲ تهران در ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰ پس از احداث تهران مال

Table 5. Measures of the transportation network in district 22 after the construction of Tehran Mall complex

شاخص	سناریو ۱ (وضع موجود)	سناریو ۲ (پس از احداث تهران مال)	درصد تغییرات
تعداد کل سفرهای تولید شده (نفر)	۲۸۰۴۱	۲۹۲۰۰	+۴/۱۳
تعداد کل سفرهای جذب شده (نفر)	۵۴۰۱۳	۵۹۲۲۲	+۹/۶۴
مسافت طی شده در شبکه (وسیله - کیلومتر)	۹۱۰۷۷۲	۹۴۴۶۵۱	+۳/۷۲
زمان صرف شده در شبکه (وسیله - ساعت)	۳۶۷۲۳	۳۷۴۴۱	+۱/۹۵
سرعت متوسط (کیلومتر بر ساعت)	۲۴/۶	۲۴/۳	-۱/۲۲

#### ۵-۲- شاخص‌های تقاضای سفر

از مهم‌ترین اهداف توسعه پایدار شهری، افزایش سهم استفاده از حمل و نقل همگانی و کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی می‌باشد. جدول ۶ تقاضای حمل و نقل همگانی (اتوبوس و مترو) و هم‌سنگ سواری (شامل سواری شخصی) را برای سناریوهای ۱ و ۲ در کل سفرهای شهر تهران و نیز در سفرهای به مقصد منطقه ۲۲ نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، در صورت احداث مجتمع تهران مال، تغییر قابل توجهی در تعداد سفر با وسایل نقلیه همگانی و هم‌سنگ سواری در کل شهر تهران ایجاد نمی‌شود (تنها کمتر از ۰/۵ درصد تغییر می‌کنند). ولی، پس از احداث تهران مال، تعداد سفر با حمل و نقل عمومی به منطقه ۲۲ بیش از ۱۱ درصد افزایش می‌یابد، که این افزایش ناشی از انتقال ۱۱۱۴ سفر از هم‌سنگ سواری به حمل و نقل همگانی است (تعداد ۳۱ سفر هم پس از احداث تهران مال به جذب منطقه ۲۲ اضافه شده است). همانطور که جدول ۶ نشان می‌دهد، کاهش تقاضای سفر با سواری به منطقه ۲۲ حدود ۳/۵ درصد است. در ضمن، مسافت پیاده‌روی در سفرهای به منطقه ۲۲ نیز پس از احداث تهران مال حدود ۵/۵ درصد زیاد شده است، که دلیل اصلی آن استفاده از شیوه پیاده‌روی برای دسترسی به ایستگاه‌های اتوبوس و مترو است.

#### ۵-۳- میزان نشر آلاینده‌های هوا و مصرف سوخت

میزان مصرف سوخت‌های فسیلی و نشر آلاینده‌های هوا از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر محیط زیست می‌باشند. همچنین، سیاست‌های کارآمد در راستای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها منجر به کاهش هزینه‌های مسقیم و غیرمستقیم وارد بر جامعه می‌شوند، که از اهداف عالی توسعه پایدار به شمار می‌آیند. با توجه به نقش کلیدی این شاخص‌ها بر وضعیت محیط زیست و توسعه پایدار شهری، اثرات مثبت یا منفی احداث کاربری‌های فرامنطقه‌ای بر تغییرات این شاخص‌ها باید در نظر گرفته شوند. مصرف سوخت تابعی از نوع وسیله نقلیه و سرعت وسیله نقلیه است. تابع مورد استفاده در مدل حمل و نقل شهر تهران [۱۲] برای برآورد میزان مصرف سوخت وسایل نقلیه به صورت رابطه زیر است:

$$q^m(V) = 16.57 \cdot p^m \cdot \frac{\exp(0.0915 \cdot V)}{V} \quad (1)$$

که در آن  $V$  سرعت وسیله نقلیه (کیلومتر بر ساعت)،  $q^m(V)$  تابع مصرف سوخت وسیله نقلیه نوع  $m$  در سرعت  $V$  (لیتر بر کیلومتر) و  $p^m$

جدول ۶. تغییرات تقاضای سفر با حمل و نقل همگانی و هم‌سنگ سواری در ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰ پس از احداث تهران مال

Table 6. Changes in travel demand by public and private transportation after the construction of Tehran Mall

درصد تغییر	سناریو ۲ (پس از احداث تهران مال)	سناریو ۱ (وضع موجود)	شاخص
+۰/۴۴	۴۴۲۷۳۲	۴۴۰۷۷۳	تقاضای حمل و نقل همگانی در سفرهای شهر تهران (نفر)
-۰/۰۸	۱۲۲۸۴۱۵	۱۲۲۹۴۰۷	تقاضای هم‌سنگ سواری در سفرهای شهر تهران (نفر)
+۰/۹۸	۷۴۹۹۹۱	۷۴۲۶۵۰	مسافت پیاده‌روی در سفرهای شهر تهران (مسافر - کیلومتر)
+۱۱/۰۹	۱۱۴۶۹	۱۰۳۲۴	تقاضای حمل و نقل همگانی در سفرهای به منطقه ۲۲ (نفر)
-۳/۴۷	۳۰۹۶۶	۳۲۰۸۰	تقاضای هم‌سنگ سواری در سفرهای به منطقه ۲۲ (نفر)
+۵/۵۵	۱۶۸۲۴۸	۱۵۹۳۹۴	مسافت پیاده‌روی در سفرهای به منطقه ۲۲ (مسافر - کیلومتر)

از فناوری، نوع سوخت مصرفی و سرعت وسیله نقلیه است. توابع مورد استفاده در مدل حمل و نقل شهر تهران [۱۲] به منظور برآورد نشر آلاینده‌ها بر حسب گرم بر کیلومتر برای وسایلی که با سرعت  $V$  حرکت می‌کنند به صورت روابط زیر است.

$$CO = 127.64 - 2.68V + 0.016V^2 + \frac{160.12}{V} \quad (2)$$

$$HC = 6.06 - 0.10V + 0.00056V^2 + \frac{42.57}{V} \quad (3)$$

$$NO_x^c = 0.7 + 1.92[1 + 93.54e^{-0.049V}]^{-1} \quad (4)$$

$$NO_x^h = 19.63 - 0.32V + 0.0032V^2 + \frac{21.13}{V} \quad (5)$$

در روابط (۴) و (۵)،  $NO_x^c$  و  $NO_x^h$  معرف گازهای خانواده اکسیدهای

میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه نوع  $m$  در سرعت  $۸۰$  کیلومتر بر ساعت (لیتر بر کیلومتر) می‌باشند.

برای محاسبه مصرف سوخت هر نوع وسیله نقلیه در شبکه معابر، ابتدا سرعت متوسط وسیله نقلیه در هر کمان (معبر) شبکه محاسبه شده، و با جایگذاری آن در رابطه (۱) مصرف سوخت وسیله نقلیه برای طی یک کیلومتر از کمان به تعیین می‌شود. سپس، با ضرب مقدار به دست آمده در حجم ترافیک آن نوع وسیله و طول کمان، و جمع روی تمام وسایل نقلیه، میزان مصرف سوخت روی هر کمان به دست می‌آید. جدول ۷ میزان مصرف سوخت برای سناریوهای ۱ و ۲ را در محدوده شهر تهران نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با احداث مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال، مصرف گازوییل در شهر تهران به میزان ۰/۲۶ درصد افزایش و مصرف بنزین به میزان ۱/۰۰ درصد کاهش پیدا می‌کند. با توجه به حجم بسیار بیشتر مصرف بنزین نسبت به گازوئیل، به سادگی می‌توان نتیجه گرفت که احداث مجتمع تهران مال باعث کاهشی نزدیک به ۱ درصد در میزان مصرف سوخت‌های فسیلی در شهر تهران می‌شود.

میزان نشر آلاینده‌های مختلف مانند منوکسید کربن ( $CO$ )، هیدروکربن‌ها ( $HC$ ) و اکسیدهای ازت ( $NO_x$ ) از هر وسیله نقلیه تابعی

جدول ۷. تغییرات میزان مصرف سوخت‌های فسیلی در شهر تهران در ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰ پس از احداث تهران مال

Table 7. Changes in fossil fuel consumption in Tehran after the construction of Tehran Mall

شاخص	سناریو ۱ (وضع موجود)	سناریو ۲ (پس از احداث تهران مال)	درصد تغییرات
مصرف بنزین (لیتر)	۱۶۹۶۰۱۱	۱۶۷۸۹۶۱	-۱/۰۰
مصرف گازوییل (لیتر)	۱۶۴۵۶۸	۱۶۵۳۵۶	+۰/۲۶

جدول ۸. تغییرات نشر گازهای آلاینده هوا در شهر تهران در ساعت اوج صبح سال ۱۴۰۰ پس از احداث تهران مال

Table 8. Changes in air pollutant emissions in Tehran after the construction of Tehran Mall

شاخص	سناریو ۱ (وضع موجود)	سناریو ۲ (پس از احداث تهران مال)	درصد تغییرات
تولید گاز CO (کیلوگرم)	۶۱۱۸۱۳	۶۰۷۸۸۹	-۰/۶۴
تولید گاز HC (کیلوگرم)	۷۰۳۴۴	۶۹۶۰۱	-۱/۰۵
تولید گازهای خانواده NO <sub>x</sub> (کیلوگرم)	۱۱۱۹۱	۱۱۳۱۹	+۱/۱۳

اتوبوس‌های شهری (و طبعاً افزایش اتوبوس‌های فعال در پاسخ به این افزایش) پس از احداث تهران مال است. زیرا اتوبوس‌های شهری عمدتاً گازوئیل مصرف می‌کنند، و این سوخت در قیاس با بنزین سهم بیشتری در تولید NO<sub>x</sub> دارد.

#### ۶- نتیجه‌گیری

در این مطالعه به منظور اصلاح برآوردهای جذب سفر به نواحی ترافیکی دارای مجتمع‌های فرامنطقه‌ای در شهر تهران، مدل‌های برآورد جذب سفر کاربری‌های فرامنطقه‌ای به تفکیک چهار نوع کاربری اصلی هاپیر، پردیس سینمایی، تجاری و تفریحی بر اساس اطلاعات شمارش حجم و سرشماری از چهار مجتمع فرامنطقه‌ای موجود در سال ۱۳۹۸ ساخته شدند. مدل‌های ساخته شده از نوع مدل‌های جاذبه هستند که جذب سفر از نواحی ترافیکی

ازت به ترتیب برای خودروی شخصی و وسایل نقلیه سنگین مانند کامیون و اتوبوس هستند.

برای محاسبه میزان نشر آلاینده‌ها در شبکه معابر، با جایگذاری سرعت متوسط هر کمان شبکه در روابط بالا، میزان نشر هر نوع آلاینده از هر نوع وسیله نقلیه در یک کیلومتر از طول کمان محاسبه می‌شود. سپس، با ضرب مقادیر به دست آمده در حجم و طول کمان‌ها، و جمع روی همه وسایل نقلیه و همه کمان‌ها، میزان نشر آلاینده برای مورد نظر در شهر تهران به دست می‌آید. جدول ۸ میزان نشر گازهای CO، HC و NO<sub>x</sub> را برای سناریوهای ۱ و ۲ در محدوده شهر تهران نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این جدول، با احداث مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال، میزان نشر گازهای آلاینده خانواده NO<sub>x</sub> افزایش یافته ولی نشر آلاینده‌های CO و HC کاهش پیدا می‌کنند. دلیل افزایش جزئی آلاینده NO<sub>x</sub>، افزایش تقاضای سفر با

و HC در محدوده شهر تهران کاهش می‌یابد. به طور خلاصه، نتایج این مطالعه نشان دادند که احداث یک مجتمع فرامنطقه‌ای در منطقه‌ای با پتانسیل‌های مناسب جذب سفر می‌تواند شاخص‌های کلی سیستم حمل و نقل شهری را بهبود داده و منجر به توسعه پایدار شهری شود.

#### ۷- تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران بابت حمایت از این مطالعه اعلام می‌نمایند.

#### ۸- فهرست علائم

##### علائم انگلیسی

CO	میزان نشر گاز آلاینده مونوکسید کربن، gr/km
d <sub>ij</sub>	فاصله ناحیه i تا ناحیه j، km
HC	میزان نشر گازهای آلاینده خانواده هیدروکربن، gr/km
NO <sub>x</sub> <sup>c</sup>	میزان نشر گازهای آلاینده خانواده اکسیدهای ازت توسط سواری، gr/km
NO <sub>x</sub> <sup>h</sup>	میزان نشر گازهای آلاینده خانواده اکسیدهای ازت توسط وسایل نقلیه سنگین، gr/km
p <sup>m</sup>	میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه نوع m در سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت، Lit/km
P <sub>i</sub>	جمعیت ناحیه i، هزار نفر
q <sup>m</sup> (V)	میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه نوع m در سرعت V، Lit/km
T <sub>ij</sub>	تعداد سفر جذب شده از ناحیه i به ناحیه j (i ناحیه‌ی مبدأ و j ناحیه‌ای است که کاربری در آن قرار دارد)
V	سرعت وسیله نقلیه، km/h
VP <sub>i</sub>	سرانه مالکیت سواری شخصی ناحیه i

به ناحیه مقصد را، علاوه بر خصوصیات ناحیه مبدأ و مقصد سفر، به صورت تابعی از عامل مقاومت در برابر سفر (مانند: زمان، مسافت سفر، هزینه، یا ترکیبی از آن‌ها) ارائه می‌کنند. در مقایسه با روش نرخ جذب سفرسازی، مدل جاذبه قادر است توزیع جذب سفر از نواحی ترافیکی به مجتمع فرامنطقه‌ای را (به جای کل جذب مجتمع) برآورد کند. در ضمن، این برآورد، علاوه بر خصوصیات کاربری‌های مقصد، به خصوصیات مبدأ سفر و نیز فاصله بین مبدأ و مقصد نیز وابسته است.

به منظور ارزیابی نتایج این مدل‌ها، مدل‌های جذب پرداخت شده در مدل ۴-مرحله‌ای تهران اعمال شده، و اثرات احداث مجتمع فرامنطقه‌ای تهران مال در سال ۱۴۰۰ بر شاخص‌های سیستم حمل و نقل تهران و نیز منطقه ۲۲ شهرداری تهران (محل احداث آن مجتمع) بررسی شدند. برای این منظور، دو سناریو برای سال ۱۴۰۰ شهر تهران تعریف شد. سناریوی ۱ وضعیت موجود سیستم حمل و نقل شهر تهران در سال ۱۴۰۰، و سناریوی ۲ همان سناریوی ۱ ولی پس از احداث مجتمع تهران مال در نظر گرفته شدند. پس از اجرای مدل ۴-مرحله‌ای تهران در محیط نرم‌افزار emme برای این دو سناریو، شاخص‌های مهم سیستم حمل و نقل شهری شامل شاخص‌های شبکه معابر، تقاضای حمل و نقل و زیست - محیطی برای هر دو سناریو محاسبه و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج این مقایسه‌ها نشان داد که در صورت احداث تهران مال، تعداد سفرهای روزانه شهر تهران تغییر چندانی نمی‌کند، ولی تعداد سفرهای تولید و جذب شده منطقه ۲۲ پس از احداث این مجتمع به طور محسوسی افزایش می‌یابد. این امر، با توجه به ظرفیت بیشتر و شلوغی کمتر شبکه معابر در منطقه ۲۲ (نسبت به مناطق مرکزی شهر) باعث افزایش سرعت متوسط وسایل نقلیه در شهر تهران می‌شود.

مقایسه تعداد سفرهای انجام شده با حمل و نقل همگانی و هم‌سنگ سواری نشان داد که احداث مجتمع تهران مال تاثیر قابل توجهی در افزایش تقاضای سفر با حمل و نقل همگانی (و کاهش تقاضای سفر یا سواری) به منطقه ۲۲ دارد. همچنین، مقایسه شاخص زیست - محیطی سناریوهای ۱ و ۲ نشان داد که احداث این مجتمع موجب کاهش قابل توجه مصرف بنزین در شبکه معابر تهران شده، و در نتیجه مقدار نشر گازهای آلاینده CO

## منابع

- attraction rate of mega shopping mall and school of Dhaka city, In: The 3rd International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development, KUET, Khulna, Bangladesh, (2016).
- [7] S. Esfandi, Analysis of travel rates of multi-purpose commercial-entertainment complexes using TIPS software Study sample:( Megamal, Ekbatan, Tehran, in Persian), In: The 15th International Conference on Traffic and Transportation Engineering, (2015).
- [8] N.M. Asmael, N. Kadhim, Estimate attraction rate for shopping centers, Transport Technic and Technology, 16(1) (2020) 1-8.
- [9] Trip generation handbook, 10th Edition, Institute of Transportation Engineers, Washington, DC (2017).
- [10] Trip attraction rates of shopping centers in northern New Castle county, Delaware Department of Transportation, Delaware, (2004).
- [11] J.D. Ortuzar, L.G. Willumsen, Modelling transport, 4th Edition, Wiley, Hoboken (2011).
- [12] Revision and update of programs (macros) in Tehran transportation model (in Persian), Tehran Municipality, Tehran, Iran, (2018).
- [13] Emme release 4.3.5., INRO Consultants Inc., Montreal (2017).
- [1] I. Hatami, Organizing traffic management is the main tool of transportation management in the city center (in Persian), Urban and Rural Management, 11-12(3) (2002) 62-69.
- [2] K. Al-Sahili, S.A. Eishah, F. Kobari, Estimation of new development trip impacts through trip generation rates for major land uses in Palestine, Jordan Journal of Civil Engineering, 12 (2016).
- [3] L. Sabernejad, M. Romok, Modification of travel distribution matrix in transportation and traffic model of Tehran based on travel absorber uses (Case study: District 22 of Tehran Municipality, in Persian), in: The 13th International Conference on Traffic and Transportation Engineering, (2014).
- [4] M. Uddin, M.R. Hasan, I. Ahmed, P. Das, M.A. Uddin, T. Hasan, A comprehensive study on trip attraction rates of shopping centers in dhanmondi area, International Journal of Civil and Environmental Engineering, 12(4) (2012) 12-16.
- [5] P. George, G.J. Kattor, Forecasting trip attraction based on commercial land use characteristics, International Journal of Research in Engineering and Technology, 2(9) (2013).
- [6] F. Akter, A. Alam, M. Rahman, Estimation of trip

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

S. Hosseini, A. Babazadeh, Evaluating the Impacts of Constructing Tehran Mall Trans-Regional Complex on Indicators of Tehran Urban Transportation System, Amirkabir J. Civil Eng., 54(4) (2022) 1361-1374.

DOI: 10.22060/ceej.2021.19456.7181

