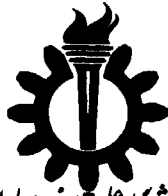


از اطلاعات در این علم ایران  
تعمیرات

۱۳۸۰ / ۸ / ۳۰



دانشگاه علم و صنعت ایران  
دانشکده عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل

عنوان:

**اثر تغییرات در شبکه ترافیک بر جریان ترافیک شبکه**

استاد راهنما: دکتر جلیل شاهی

استاد مشاور: دکتر سید غلامرضا شیرازیان

تهیه و تنظیم: علیرضا رضانی فرد

013501

۳۴۴۲۱

خرداد ماه ۱۳۸۰

تقدیم به

پدر مهربان

و

مادر دلسوزم

## چکیده:

رابطه بین ظرفیت راه و شرایط ترافیکی و چگونگی اثر افزایش ظرفیت راه بر میزان جریان ترافیک شبکه، یکی از چالش‌هایی است که طراحان و برنامه ریزان حمل و نقل با آن مواجه‌اند. این تأثیر از طریق مکانیسم‌های رفتاری مختلفی از قبیل شیفت از سایر مدهای حمل و نقل یا از سایر مسیرها، توزیع دوباره سفرها، تولید سفرهای جدید و تغییرات بلند در کاربری زمین که می‌تواند سفرهای جدید و گاهی طولانی‌تری را تولید نماید، رخ دهد.

در این پایان نامه بطور تجربی رابطه بین ظرفیت راه و مسافت طی شده سفر (VKT) که شاخصی از جریان ترافیک در یک شبکه است، از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفته است. در اینجا از روش هانسن و هانگ (در سال ۱۹۹۷ م.) و نولند (در سال ۲۰۰۱ م.) برای مدلسازی مسافت طی شده سفر بر اساس پارامترهایی چون جمعیت، درآمد سرانه، و ظرفیت راه (بر حسب خط کیلومتر)، استفاده گردیده است. در قسمت مطالعه موردی، داده‌های مورد استفاده در این تحلیل، از شبکه ترافیک شهر مشهد و مدل تخصیص ترافیک سالهای ۱۳۷۳، ۱۳۷۵ و ۱۳۷۸ ه.ش. شبکه مذکور در محیط نرم افزار EMME/2، استخراج گردیده، و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تحلیل قرار گرفته است.

با توجه به نتایج حاصل از پردازش مدلها و نیز تحلیلی بر مشاهدات حجم وسایل نقلیه در شبکه ترافیک، می‌توان گفت که اثر افزایش عرضه در شبکه خیابانی شهرها، بخصوص در شهرهای بزرگ و پر تراکم، قابل چشم پوشی نیست. این اثر در مدل‌های تولید، توزیع و تفکیک سفر، برای رسیدن به نتایج معقولانه‌تر در برنامه ریزیهای آینده، بصورت بازخورهایی (Feedback) برای این مدلها، باید در نظر گرفته شود و متناسب با آن باید برنامه ریزیهای آینده بصورت دقیق‌تر و هدفمندتر صورت پذیرد.

## تشکر و قدر دانی

بدینوسیله از زحمات استاد محترم جناب آقای دکتر شاهی که مرا در انجام این پایان نامه یاری نمودند، و جناب آقای دکتر شیرازیان که در این راه کمک فراوانی به من نمودند، جناب آقای مهندس نقیعی بیدختی، مدیریت محترم دفتر مطالعات حمل و نقل و ترافیک مشهد که امکان مطالعه این پایان نامه را در شرایط مختلف فراهم نمودند، و تمام دوستانی که در این دفتر در تهیه و جمع آوری اطلاعات مورد نیاز این پروژه مرا راهنمایی نمودند، همچنین کلیه دوستانی که ضمن تهیه و ارائه این پایان نامه صمیمانه مرا یاری نمودند، تقدیر و تشکر نموده، از خداوند متعال پیروزی روزافزونشان را در تمامی مراحل زندگی خواستارم.

# فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	<b>فصل ۱- مقدمه</b>
۴	روند تحقیق
۷	<b>فصل ۲- مروری بر تخصیص ترافیک</b>
۷	۱-۲ مفاهیم اصلی
۱۰	۲-۲ مسأله تخصیص ترافیک
۱۴	۳-۲ روشهای حل مسأله تخصیص ترافیک
۱۹	۴-۲ روندهای تخصیص در نرم افزار EMME/2
۲۳	<b>فصل ۳- افزایش ظرفیت و ترافیک القایی</b>
۲۴	۱-۳ تقاضای القایی
۲۴	۱-۱-۳ تقاضا ظرفیت را پر می کند
۲۴	۲-۱-۳ تقاضا ظرفیت را پر می کند
۲۵	۳-۱-۳ تقاضای حساس
۲۶	۴-۱-۳ سیر کوتاه و سیر بلند
۲۷	۵-۱-۳ حساسیت کوتاه مدت
۲۷	۶-۱-۳ حساسیت بلند مدت
۲۸	۷-۱-۳ ترافیک القایی در برابر تقاضای القایی
۲۹	۸-۱-۳ حساسیت بلند مدت ناهمفزون
۳۰	۲-۳ ترافیک القایی
۳۰	۱-۲-۳ سفر القایی در حمل و نقل
۳۲	۲-۲-۳ منابع ترافیک القایی

رئیس هیئت مدیره  
موسسه تخصصی ترافیک

۳-۲-۳ ترافیک القایی «کل» یا «خالص»	۳۴
۴-۲-۳ تعریف کمیته منتخب برای ارزیابی جاده‌ها (SACTRA) از ترافیک القایی	۳۵
۳-۳ اثرات حاصل از افزایش ظرفیت راه و ترافیک القایی	۳۶
۱-۳-۳ اثرات افزایش ظرفیت راه بر رفتار سفر	۳۸
۲-۳-۳ اثرات افزایش راه بر عملکرد سیستم	۴۰
۴-۳ اثر کاهش ظرفیت راه و رفتار سفر	۴۱
<b>فصل ۴- مدل‌سازی ترافیک القایی</b>	۴۳
۱-۴ تاریخچه	۴۳
۲-۴ VKT و عوامل مؤثر بر آن	۴۷
۳-۴ روش‌های مدل‌سازی تعیین اثرات ترافیکی	۴۹
۱-۳-۴ روش لگاریتم خطی ارائه شده توسط هانسن و هانگ و نولند	۴۹
۱-۳-۴ مدل عمومی	۴۹
۲-۳-۴ مدل تأخیر توزیعی	۵۱
۳-۳-۴ مدل رشد	۵۲
۲-۳-۴ روش دی‌کورا سوزا و کوهن	۵۳
۴-۴ مدل‌سازی و انتخاب روش	۵۴
<b>فصل ۵- مطالعه موردی</b>	۵۶
۱-۵ شبکه ترافیک شهر مشهد	۵۷
۲-۵ داده‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی	۵۹
۳-۵ پردازش مدلها و نتایج حاصل از آن	۶۴

صفحه	عنوان
۶۴	۱-۳-۵ پردازش مدل عمومی
۷۵	۲-۳-۵ پردازش مدل تأخیر توزیعی
۷۸	۳-۳-۵ پردازش مدل رشد
۷۸	۴-۵ مقایسه نتایج شمارش حجم
۸۶	۵-۵ اهمیت ترافیک القایی
۹۲	۶-۵ نتایج
۹۴	مراجع
۹۹	ضمیمه



## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۲) مقایسه روشهای تخصیص ترافیک	۱۶
جدول (۱-۳) منابع سفر القایی در سطح ناحیه‌ای	۳۳
جدول (۱-۴) تخمینهای حساسیت سفر وسایل نقلیه در مناطق شهری	۴۶
جدول (۱-۵) خلاصه اطلاعات مورد استفاده در مدلها از مناطق مورد مطالعه در شهر مشهد	۶۵
جدول (۲-۵) نتایج حاصل از پردازش مدل عمومی بصورت هم‌فزونی کل راهها	۷۲
جدول (۳-۵) نتایج حاصل از پردازش مدل عمومی به تفکیک نوع راه	۷۳
جدول (۴-۵) نتایج حاصل از پردازش مدل تأخیر توزیعی	۷۶
جدول (۵-۵) نتایج حاصل از پردازش مدل تأخیر توزیعی به تفکیک نوع راه	۷۷
جدول (۶-۵) نتایج حاصل از پردازش مدل رشد	۸۴
جدول (۷-۵) مقایسه نتایج شمارش حجم وسایل نقلیه حاصل از آمارگیریهای سال ۱۳۷۳ و ۱۳۷۴	شهر مشهد
جدول (۸-۵) مقایسه نتایج شمارش حجم وسایل نقلیه حاصل از آمارگیریهای سال ۱۳۷۳ و ۱۳۷۸	شهر مشهد
جدول (۹-۵) مقایسه نسبت حجم وسایل دوره‌اوج به کل برای سالهای ۱۳۷۳ و ۱۳۷۴	۸۹
جدول (۱۰-۵) مقایسه نسبت حجم وسایل دوره‌اوج به کل برای سالهای ۱۳۷۳ و ۱۳۷۸	۸۹
جدول (۱۱-۵) مقایسه سناریوهای مختلف درباره‌ی رشد عوامل جابجایی جمعیت و افزایش ظرفیت	در شبکه ترافیک شهر مشهد
جدول (۱۲-۵) مقایسه درصد رشد شاخصهای شبکه، نسبت به شبکه سال ۷۳ و تقاضای ۷۳ شهر	مشهد

## فهرست شکلهای

عنوان	صفحه
شکل (۱-۳) تغییرات تقاضا در برابر ظرفیت	۲۵
شکل (۲-۳) رابطه بین عرضه و تقاضای حساس و غیرحساس	۲۶
شکل (۳-۳) منحنی‌های تقاضای کوتاه مدت و بلند مدت	۲۸
شکل (۴-۳) منحنی‌های تقاضای تعادلی جزئی و عمومی	۳۵
شکل (۵-۳) تعریف کمیته منتخب برای ارزیابی جاده‌ها از سفر و ترافیک موجود و القایی	۳۶
شکل (۶-۳) تغییرات حاصل از تغییر زمان سفر بر سفرهای دوره اوج و غیراوج	۳۹
شکل (۷-۳) مشاهده تغییرات زمان سفر در کانال دریاچه شمالی در هلند	۳۹
شکل (۱-۴) مطالعات مختلف تخمین ترافیک القایی حاصل از بهبود راهها	۴۵
شکل (۲-۴) عواملی که بر رفتار سفر شهری تأثیر می‌گذارند	۴۸
شکل (۳-۴) قابلیت مشاهده اثر خط کیلومتر در مدل	۵۰
شکل (۱-۵) شمایی از منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۷۵	۵۸
شکل (۲-۵) حجم وسایل نقلیه خصوصی در شبکه در سال ۷۳	۶۰
شکل (۳-۵) حجم وسایل نقلیه خصوصی در شبکه در سال ۷۵	۶۱
شکل (۴-۵) حجم وسایل نقلیه خصوصی در شبکه در سال ۷۸	۶۲
شکل (۵-۵) داده‌های مورد استفاده در سال ۷۳ به تفکیک نواحی ترافیکی شهر مشهد	۶۶
شکل (۶-۵) داده‌های مورد استفاده در سال ۷۵ به تفکیک نواحی ترافیکی شهر مشهد	۶۸
شکل (۷-۵) داده‌های مورد استفاده در سال ۷۸ به تفکیک نواحی ترافیکی شهر مشهد	۷۰
شکل (۸-۵) داده‌های مورد استفاده در پردازش مدل رشد برای سالهای ۷۳ تا ۷۵	۷۹
شکل (۹-۵) داده‌های مورد استفاده در پردازش مدل رشد برای سالهای ۷۳ تا ۷۸	۸۱
شکل (۱۰-۵) موقعیت ایستگاههای آمارگیری شمارش حجم و سرنشین سال ۱۳۷۳	۸۳

# فصل



## مقدمه

یکی از نیازهای ضروری زندگی بشری، بخصوص در قرن حاضر، ضرورت جابجایی کالا و خدمات حتی برای دستیابی به نیازهای اولیه زندگی اوست. ضرورت برنامه‌ریزی و دستیابی به شبکه‌ای ایمن و راحت برای دستیابی به این نیاز، برکسی پوشیده نیست. تجمع و همفزونی این نیازها، تحت جامعه‌ای به نام جامعه شهری باعث ایجاد شبکه‌ای متشکل از انواع راههای ارتباطی و وسایل نقلیه مختلف، و بطور کلی «شبکه ترافیک» شده است. یکی از بارزترین شاخص‌های این شبکه، وجود همان راههای ارتباطی است که این امکان جابجایی را فراهم می‌آورد. با پیشرفت تکنولوژی و دانش بشری و نیز افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا، امکانات و تسهیلات جابجایی همچون کالایی نادر عمل نموده و

اهمیتی اقتصادی به خود می‌دهد و باعث محدودیت حرکت، بویژه طی زمانهای خاص (دوره اوج ترافیک) می‌شود. کوشش جهت رفع این محدودیت، باعث توسعه شهرنشینی شده و در نتیجه باعث جذب و افزایش سفرها می‌شود. محدودیت توسعه این ظرفیت نیز ضرورت تحلیل و سنجش منافع حاصله و چه بسا مضرات آن را ایجاب می‌کند. تحلیل، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی برای این ظرفیت، تحت شبکه ترافیک، بعهدۀ برنامه ریزان حمل و نقل است.

آگاهی از خصوصیات و مشخصات شبکه ترافیک، از نیازهای تحلیل خصوصیات ترافیک است. رابطه بین ظرفیت راه و این خصوصیات، و نیز چگونگی اثر افزایش ظرفیت بر میزان ترافیک، یکی از چالشهایی است که طراحان و برنامه‌ریزان حمل و نقل با آن مواجه‌اند. در جامعه امروز نیازهای حمل و نقل و جوشش ترافیک، باعث تراکم شده و خود خصوصیات یا ویژگیهای ترافیک نیز به گونه‌ای است که ثابت نبوده و در تغییر است. این تغییرات روزبه‌روز با افزایش سفرها همراه است، و ایجاب می‌کند که باعث تغییر در توزیع ترافیک شود. هر عاملی هم که باعث افزایش سفر شود، به نوعی در جریان ترافیک شبکه اثر می‌گذارد.

پژوهشگران در زمینه حمل و نقل، تحلیل مسائل آن را در سرزمینه عمده تقاضا، عرضه و هزینه‌های حمل و نقل انجام می‌دهند. به بیان دیگر، برای شناخت و تحلیل مسایل حمل و نقل و ارزیابی گزینه‌ها، به منظور حل این مسایل، نیاز به تحلیل سه جنبه عمده آنهاست. تقاضا برای حمل و نقل، عرضه تسهیلات و خدمات حمل و نقل، برای پاسخگویی به این تقاضا، باید این نیاز را شناخت، تا از تحلیل چگونگی برخورد عرضه و تقاضا، به سطح خدمات ارائه شده در شبکه پی برد. آنگاه با آگاهی از روشهای کاهش سطح کمبودها و راههای بهبود وضعیت سیستم حمل و نقل (گزینه‌ها)، به سطح هزینه کل در شبکه پی برد تا امکان ارزیابی گزینه‌ها و گزینش برترین راه بهبود شبکه مهیا شود [۱]. تقاضای حمل و نقل یک تقاضای مشتقی است، یعنی خانواده‌ها فقط حمل و نقل را طی انجام فعالیت‌های دیگر خواهند و نه برای تمایلی که به حرکت دارند. عرضه حمل و نقل نیز خصوصیات مخصوص خود را داراست (مثل عدم قابلیت ذخیره شدن و ...). میزان هزینه‌ها در حمل و نقل نیز مختلف و متنوع است.

بدیهی است که در اثر کاهش هزینه‌های حمل و نقل و به تبع آن کاهش نرخ کالاها، تقاضای مربوط به کالاها و خدمات و به تبع آن نیز تقاضای حمل و نقل افزایش می‌یابد [1].

در سیستم‌های حمل و نقل یک نوع رابطه متقابل بین تقاضا و عرضه وجود دارد که برآیند آنها جریان تعادلی سیستم است. بدین ترتیب که از یک سو، استفاده‌کنندگان سیستم حمل و نقل، سعی دارند از امکانات حمل و نقل (عرضه) بنحوی استفاده نمایند که هزینه‌های جابجایی (مانند هزینه و زمان سفر) خود یا کل جامعه را حداقل کنند و از سوی دیگر، هزینه‌های استفاده از امکانات حمل و نقل، با افزایش تعداد استفاده‌کنندگان آن اضافه می‌شود. جریانی از جابجایی در یک سیستم حمل و نقل که با توجه به دو عامل بالا حاصل می‌شود، جریان تعادلی برای سیستم و روش یافتن چنین جریانی تخصیص ترافیک نامیده می‌شود [2]. عبارت دیگر هدف از تخصیص ترافیک، شبیه‌سازی جریانهای ترافیکی روی هر قسمت راه در منطقه مورد مطالعه است. فرآیند تخصیص در ابتدا برای شرایط موجود مدرج می‌گردد و سپس از آن برای پیش‌بینی جریانهای ترافیکی روی شبکه راههای آینده استفاده می‌شود [3].

بطور کلی تغییرات در یک سیستم حمل و نقل را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱- تغییرات در تقاضا ۲- تغییرات در عرضه. بررسی این تغییرات در آینده همواره یکی از اهداف برنامه ریزان حمل و نقل بوده است. در این پایان نامه منظور از شبکه ترافیک، شبکه خیابانهای موجود در یک شهر است. تغییرات در شبکه ترافیک زیر مجموعه‌ای از عرضه تسهیلات حمل و نقل یک شهر بوده و همانگونه که گفته شد، تحلیل اثرات آن در برنامه‌ریزی شهری یا منطقه‌ای، نقش قابل توجه‌ای را ایفا می‌نماید. معمولاً این تغییرات در جهت افزایش ظرفیت شبکه و کاهش هزینه‌های حمل و نقل، بویژه زمان سفر می‌باشد. کاهش زمان سفر باعث جذب ترافیک سایر مسیرها و گاهی نیز تولید سفرهای جدید می‌شود. این قوه جذب سفر ممکن است تأثیرات مختلفی بر رفتار سفر از جمله تولید سفرهای جدید، افزایش فاصله سفر، تغییر زمان سفر و ... بگذارد. کاهش زمان سفر در ابتدا باعث بهبود سطح سرویس خیابان می‌گردد. این بهبود سطح سرویس باعث افزایش حجم ترافیک شده و در نتیجه باعث افزایش زمان سفر خواهد

شد. این تأثیرات در دو دوره کوتاه مدت و بلند مدت می‌تواند متفاوت باشد. بطور کلی، تغییرات مسافت طی شده در شبکه (برحسب وسیله نقلیه کیلومتر سفر یا VKT<sup>(۱)</sup>)، حاصل از این تأثیرات، بعنوان ترافیک القایی<sup>(۲)</sup> در نظر گرفته شده و مورد تحلیل قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری و مدلسازی این تغییرات هدف اصلی این پایان‌نامه است.

### روند تحقیق

موضوع این پایان‌نامه در ابتدا در مرکز تحقیقات حمل و نقل مشهد وابسته به سازمان ترافیک مشهد مطرح گردید. پس از بحث و تبادل نظرهایی با اساتید محترم این پایان‌نامه درباره موضوع پیشنهاد شده، این موضوع در قالب عنوان «اثر تغییرات در شبکه ترافیک بر جریان ترافیک شبکه» درآمد. شاید در ابتدا رویه کار بر روی این موضوع به درستی مشخص نبود. همچنین از همان ابتدا، فقط اثر تغییرات بر شبکه خیابانی مطرح بود که مربوط به عرضه حمل و نقل و افزایش ظرفیت می‌شد. پس از بررسی‌های اولیه در مورد موضوع پایان‌نامه و مشورت با اساتید مختلف، درباره چگونگی انجام پروژه، اهداف مختلفی مدنظر قرار گرفت. از جمله این اهداف می‌توان به چگونگی اثر تغییرات در متغیرهای مدلهای عرضه در تخصیص ترافیک را نام برد. مقالات بسیاری نیز درباره تخصیص ترافیک و مدلهای آن جستجو شد که در نهایت با توجه به پیچیدگی این مدلها و نیز ماهیت تکراری آنها، و نیز برآورده نساختن هدف مطلوب، این گزینه بی‌نتیجه ماند. پس از آن، جستجوی مجدد مجلات خارجی درباره موضوع مورد مطالعه بنحوی که هدف مطلوبتری ارائه نماید، شروع گردید. در این زمینه، پس از بررسی مجلات مختلف، عنوان مقاله نولند<sup>(۳)</sup> [2] که «روابط بین ظرفیت بزرگراهها و سفر القایی وسایل نقلیه» بود، هدف کلی و روند تغییرات این پایان‌نامه برای رسیدن به هدف مطلوب، را شدت بخشید. پس از آن سعی شد در زمینه سفر القایی حاصل از افزایش ظرفیت راهها، تحقیقاتی صورت پذیرد. توضیح اینکه همانگونه که ذکر شد، هرگونه تغییرات در شبکه ترافیک با هدف افزایش ظرفیت و کارایی شبکه صورت می‌پذیرد. پس می‌توان اثر

1- Vehicle Kilometer of Travel

2- Induced Traffic

3- Noland

افزایش ظرفیت را بعنوان یک اثر کلی حاصل از تغییرات در شبکه ترافیک بررسی نمود. در زمینه کار نولند [2] نیز در ابتدا انجام و عملی نمودن چنین کاری در شرایط ایران، بسیار دشوار به نظر می‌رسید. لیکن با ترجمه مقدماتی این مقاله و جستجوی مراجع آن، و نیز بوسیله شناختی که از مطالعات جامع مشهد که با مطالعه گزارشهای این مطالعات که توسط دانشگاه صنعتی شریف ارائه شده بود، و نیز آشنایی که از نرم‌افزار EMME/2 بدست آورده بودم، روند این مطالعه با توجه به موضوع پایان نامه، نسبت به اهداف قبلی، هموارتر بنظر می‌رسید. پس از جمع‌آوری منابع مختلف از مجلات خارجی و شبکه اینترنت، روشهای گوناگونی در مورد رسیدن به هدف اخیر پیشنهاد شد، که پس از تبادل نظر با استاد راهنما، کار آقای نولند مورد تأیید قرار گرفت و قرار شد ادامه کار پایان نامه در این زمینه صورت پذیرد. خوشبختانه با قولهای مساعدی که از طرف مدیریت محترم دفتر تحقیقات حمل و نقل مشهد داده شده بود، پس از مراجعه مجدد به این دفتر و طرح دوباره موضوع که پس از وقفه‌ای نسبتاً طولانی دوباره صورت می‌گرفت، روند جمع‌آوری اطلاعات مربوط هموار گردید. در جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز بصورت زیر عمل شد:

شهر مشهد در مطالعات جامع به ۱۴۱ ناحیه داخلی و ۱۶ ناحیه خارجی و در مجموع ۱۵ منطقه داخلی و یک منطقه خارجی تقسیم شده بود. میزان اطلاعات عرضه مربوط به شبکه مشهد، بوسیله نرم‌افزارهای اتوکلد و فاکس پرو نوشتن برنامه‌های خاص در محیط این دو نرم‌افزار برای محیط نرم‌افزار اصلی که نرم‌افزار EMME/2 بود، فراهم می‌گردید. اطلاعات تقاضا نیز توسط برنامه‌های دیگری در محیط نرم‌افزار فاکس پرو به نرم‌افزار EMME/2 معرفی می‌شد. پس از آن با نوشتن یکسری برنامه‌های<sup>(۱)</sup> خاص در محیط نرم‌افزار EMME/2، روند تخصیص تقاضا به شبکه مشهد صورت می‌گرفت و شاخصهایی نظیر حجم، سرعت، مسافت طی شده، زمان صرف شده، میزان آلودگی، سوخت و ... بدست می‌آمد.