

باسمه تعالی



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی عمران

۰۹-۳۴۳۹۱

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش برنامه ریزی حمل و نقل

مدیریت ترافیک شبکه

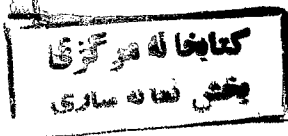
از طریق قیمت گذاری حرکت در منطقه شلوغ مرکز شهر

استاد راهنما

دکتر حسین پورزاهدی

دانشجو

مسعود چیت ساز



۱۳۸۲/۵/۲۴

زمستان ۱۳۸۱

۳۹۵



دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده مهندسی عمران

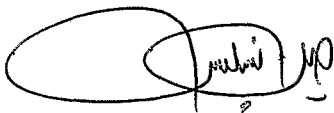
عنوان:

مدیریت ترافیک شبکه از طریق قیمت گذاری حرکت در منطقه شلوغ مرکز شهر

توسط:

مسعود چیت ساز

امضاء کنندگان زیر، متن پایان نامه را مطالعه کرده و منطبق بر ضوابط تحصیلات تکمیلی دانشگاه صنعتی شریف، آن را برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مورد تأیید قرار دادند.

امضاء: 

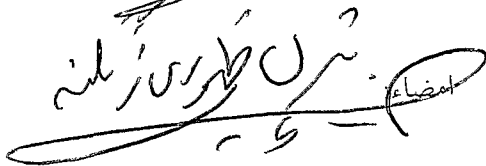
دکتر حسین پورزاهدی

استاد راهنما:

امضاء: 

دکتر یوسف شفاهی

استاد ممتحن داخل دانشکده:

امضاء: 

دکتر بیژن ظهوری زنگنه

استاد مدعو:

تاریخ: ۱۲، ۱۲، ۲۴

## تقدیر و تشکر

با توجه به محدودیت‌های یک پایان‌نامه کارشناسی ارشد، این مطالعه با تمام کاستی‌های موجود در آن سعی

در بررسی مدیریت ترافیک شبکه از طریق قیمت‌گذاری منطقه شلوغ مرکزی شهر دارد.

انجام این مطالعه بدون راهنمایی‌های استاد ارجمند دکتر حسین پورزاهدی میسر نمی‌بود. همچنین، همکاری

دوستان و بزرگواران دست‌اندرکار در پژوهشکده حمل و نقل دانشگاه صنعتی شریف کمک شایانی در به ثمر رسیدن

آن بویژه از نظر اطلاعاتی، تجهیزاتی و پشتیبانی بوده‌است.

این مطالعه را به خانواده‌ام که در زندگی همواره پشتیبان من بوده‌اند تقدیم می‌نمایم.

## چکیده

مشکلات ناشی از سیستم حمل و نقل، مانند آلودگی هوا و شلوغی تبدیل به یکی از پیچیده‌ترین مسائل جامعه بشری در شهرهای بزرگ دنیا شده است، و متأسفانه هر روز بر ابعاد این دو پیامدمنفی افزوده می‌گردد. برخی از هزینه‌های اجتماعی استفاده از وسایل نقلیه، همچون هزینه تعمیر و نگهداری روسازی راهها، مصرف زمین و مصرف سوخت، مستقیماً از راه انواع مالیاتها از مصرف‌کنندگان اخذ می‌شود. در حالی که برخی دیگر از هزینه‌های اجتماعی، مانند هزینه‌های آلودگی هوا، مستقیماً از مصرف‌کنندگان دریافت نمی‌شود. به طور کلی دریافت این هزینه‌ها به صورت مالیات از استفاده‌کنندگان، با عدالت اجتماعی مغایرت دارد. زیرا به نسبت مساوی از آنها دریافت می‌شود. در صورتی که باید به میزان استفاده از امکانات شبکه و آسیب وارد شده به محیط‌زیست وابسته باشد. این امر با اخذ عوارض از استفاده‌کنندگان میسر خواهد شد، و بدین ترتیب هزینه بوجود آمده برای مصرف‌کننده به مقدار استفاده از شبکه مرتبط می‌گردد.

گرداننده سیستم می‌باید برای بازه زمانی معینی (چون روز)، گزینه‌ای را از میان گزینه‌های موجود برگزیند. بطوری‌که هزینه‌های آلودگی هوا و هزینه‌های سیستم، پس از گذشت یک دوره زمانی طولانی از روز شروع سیاست کنترل ترافیک، کمینه شود.

در این مطالعه مدلی برای یافتن قیمت بهینه (عوارض) ورود به منطقه شلوغ مرکز شهر ارائه می‌گردد. این مدل به گردانندگان سیستم توانایی اجرای سیاست کنترل دینامیک ترافیک را می‌دهد. روند تصمیم‌گیری مارکوف برای مدل کردن سیاست کنترل دینامیک ترافیک بکار می‌رود، و از روش تکرار سیاست هاوارد برای حل آن استفاده می‌شود. استفاده از مدل ارائه شده برای یافتن سیاست بهینه قیمت‌گذاری بر مرکز شهر شیراز، برای وضعیت‌های مختلف آلودگی هوا در سه فصل از سال، علاوه بر کاهش آلودگی هوای مربوط به ترافیک، باعث کاهش تعداد سفرهای انجام شده با سواری شخصی، افزایش تعداد سفرهای انجام شده با وسایل نقلیه همگانی، کاهش تعداد وسایل نقلیه وارد شده به محدوده مرکزی شهر، و افزایش مسافت پیاده پیموده شده در کل شبکه می‌گردد.

کلمات کلیدی:

- ۱- مدیریت ترافیک شبکه
- ۲- فرآیند مارکوف
- ۳- آلودگی هوا
- ۴- تخصیص با گروه‌های مختلف استفاده‌کنندگان
- ۵- روش تکرار سیاست هاوارد

Key Words:

- 1- Transportation Network Management
- 2- Markov Decision-Making
- 3- Air Pollution
- 4- Multi-Class Assignment
- 5- Policy Iteration Method

## فهرست

صفحه	عنوان	چکیده
	<b>فصل اول، کلیات و تعریف مساله</b>	
	پیشگفتار	
۱	۱-۱- اثرات جانبی حمل و نقل بر محیط‌زیست	
۳	۲-۱- سیاست‌های موجود در برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات	
۵	۳-۱- قیمت گذاری بر راه‌ها و محدوده‌هایی از شهر	
۶	۴-۱- تعریف کلی مسئله	
	<b>فصل دوم، مروری بر منابع</b>	
	پیشگفتار	
۷	۱-۲- تاریخچه اجرای پروژه‌های قیمت‌گذاری بر راه‌ها و مناطق ترافیکی	
۱۵	۲-۲- قیمت‌گذاری بر راه‌ها	
۲۲	۳-۲- قیمت‌گذاری بر محدوده‌ای مشخص	
	<b>فصل سوم، ارائه مدل</b>	
	پیشگفتار	
۲۶	۱-۳- تعریف مساله	
۲۷	۲-۳- تعیین قیمت بهینه با استفاده از مساله تصمیم‌گیری مارکوف	
۳۸	۳-۳- روش حل تکرار سیاست‌ها وارد برای مساله تعیین قیمت بهینه ورود به منطقه	
۴۹	۴-۳- تعیین ماتریس درآمدهای گذر متناظر با اتخاذ هر سیاست	

- ۵۳ ۵-۳- تفکیک وسیله و تعیین ماتریس تقاضای سفر
- ۵۵ ۶-۳- تخصیص تقاضای همگانی به شبکه
- ۵۸ ۷-۳- تخصیص ترافیک سواری

#### فصل چهارم، مطالعه موردی، شهر شیراز

- ۶۳ پیشگفتار
- ۶۳ ۱-۴- شهر شیراز
- ۶۴ ۲-۴- تعیین ناحیه مورد نظر برای قیمت گذاری
- ۶۵ ۳-۴- محاسبه احتمالات گذر در صورت اتخاذ هر سیاست
- ۶۷ ۴-۴- محاسبه درآمد گذر در صورت اتخاذ هر سیاست
- ۸۷ ۵-۴- تعیین سیاست بهینه اخذ عوارض از وسایل نقلیه شخصی

#### فصل پنجم، خلاصه مطالب، نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۸۹ ۱-۵- خلاصه مطالب
- ۹۰ ۲-۵- نتیجه گیری
- ۹۳ ۳-۵- پیشنهادات برای ادامه مطالعه

پیوست ۱، گروه‌بندی نواحی ترافیکی شهر شیراز برای متوسط تعداد سرنشینان وسایل نقلیه

پیوست ۲، توابع مطلوبیت نسبی گزینه‌ها

پیوست ۳، توابع زمان سفر - حجم

مراجع

## فصل اول، کلیات و تعریف مساله

### پیشگفتار

حمل و نقل یکی از مهمترین مسائل بشر امروزی است. در عصر حاضر، نیاز به افزایش سرعت در جابجایی از یکسو، و مشکلات ناشی از سیستم حمل و نقل، مانند آلودگی هوا و شلوغی از سوی دیگر، از پیچیده‌ترین مسائل جامعه بشری و بخصوص شهرهای بزرگ دنیا است. متأسفانه هر روز بر ابعاد این دو پیامد منفی افزوده می‌گردد. اگر به این مسائل توجه ویژه صورت نگیرد، و بشر موفق به کشف راههای مناسب برای مهار آنها نگردد، بزودی بحرانهای بزرگ در این رابطه بوجود خواهد آمد، و بیم آن وجود دارد که پیامدهای آنها، جبران ناپذیر گردد.

در این فصل از پایان نامه، به خلاصه‌ای از اثرات حمل و نقل بر جامعه اشاره می‌شود و در پایان تعریف کلی مساله

ارائه می‌شود.

### ۱-۱- اثرات جانبی حمل و نقل بر محیط‌زیست [۳]

حمل و نقل از یکسو، نقش حیاتی و روبه رشد در توسعه اقتصاد کشورهای جهان داشته و از سویی دیگر، هزینه‌های اجتماعی زیادی دارد. امروزه این سؤال مطرح است که آیا در بلند مدت حمل و نقل قادر است با محیط به نوعی همزیستی برسد، و تا چه حدی افزایش قابلیت حرکت، به قیمت کاهش کیفیت محیط‌زیست، قابل توجیه است. باید توجه داشت که لزوماً قابلیت حرکت بیشتر به معنای صرف زمان کمتر در شبکه نیست. تجربه نشان می‌دهد که مردم، روزانه بطور متوسط کمی بیشتر از یک ساعت در سفرند، و افزایش سطح فناوری وسایل نقلیه، سرعت‌ها و فاصله سفرها را افزایش می‌دهد، در حالی که زمان سفرهای روزانه تقریباً ثابت است.



اثرات جانبی حمل و نقل بر محیط‌زیست، در سطوح شهری شامل موارد زیر است: آلودگی هوا، آلودگی شنیداری، کاهش ایمنی فردی، مصرف منابع طبیعی، شلوغی، کاهش زیبایی، لرزش، بوهای زننده، جداسازی بخش‌های مختلف جامعه و گسترش نامنظم شهر. تمام این موارد هزینه‌های اجتماعی زیاد حمل و نقل را بدنبال دارند. باید توجه داشت که حمل و نقل یکی از منابع اصلی آلودگی هوا، به‌ویژه در شهرهای بزرگ است. در شهرهای ایالات متحده آمریکا بطور متوسط ۲۰٪ آلودگی هوا ناشی از فعالیت‌های انسان به خاطر حمل و نقل است که از آن مقدار بین ۹۰٪ تا ۹۵٪ سهم اتومبیل‌هاست. در کشورهای صنعتی و در حال توسعه، به جز چند مورد، وسایل نقلیه موتوری سهم قابل ملاحظه‌ای در نشر آلاینده‌ها در سطوح شهری دارند. سهم وسایل نقلیه، مخصوصاً در شهرهایی که منابع آلودگی پایا در آن کنترل شده ولی کنترل آلودگی وسایل نقلیه جاده‌ای در آنها به‌خوبی صورت نمی‌گیرد، زیاد است. برای بدست آوردن اطلاعات بیشتر در این زمینه و نیز انواع آلودگی‌های تولید شده و سهم حمل و نقل از آن در کشورهای مختلف جهان می‌توان به مرجع [۳] مراجعه کرد.

در ادامه لازم به ذکر است که هیچ روش ساده‌ای برای تعیین سهم وسایل نقلیه در نشر آلاینده‌ها و نیز غلظت آلاینده‌های محیطی وجود ندارد، ولی با اطمینان می‌توان بیان نمود که:

- با افزایش سطح موتوری شدن در کشورهای در حال توسعه که منابع متحرک از نظر نشر آلاینده‌ها بر منابع

ساکن سیقت جسته‌اند، وضعیت کیفیت هوای شهرهای آنها را بدتر می‌کند.

- آلودگی هوای ناشی از وسایل نقلیه جاده‌ای در کشورهای در حال توسعه، اصولاً مسأله شهرهای بزرگ است که

در آنها حجم بالایی از سفرها با اتومبیل، اتوبوس، موتور - سیکلت و وسایل موتوری دیگر انجام می‌گیرد.

- آسیب‌پذیری شهرها از آلودگی هوای ناشی از وسایل نقلیه در کشورهای در حال توسعه، بستگی به شکل شهر،

سطح موتوری بودن و نیز بردار پیچیده‌ای از عوامل فیزیکی و جوی دارد.

## ۱-۲- سیاست‌های موجود در برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات

با توجه به مطالب ذکر شده لزوم داشتن برنامه‌های مناسب برای جلوگیری از بحرانی شدن اثرات منفی سیستم حمل و نقل بر محیط بدیهی به نظر می‌رسد. عمده کوشش‌های انجام شده در این زمینه مربوط به کاهش آلودگی هوا می‌باشد.

سیاست‌های کاهنده آلودگی ناشی از ترافیک، می‌توانند یکی از اهداف زیر را دنبال کنند:

- کاهش استفاده از وسایل نقلیه (که شاخص آن می‌تواند وسیله نقلیه - کیلومتر باشد)

- کاهش نرخ نشر وسایل نقلیه موتوری

- جداسازی و کاهش تماس ترافیک و انسان

همچنین این سیاست‌ها اثرهایی کوتاه مدت یا بلند مدت بر کاهش آلودگی هوا ناشی از ترافیک دارند، مانند مالیات

بر سوخت (اثر کوتاه‌مدت) و یا الگوهای جدید زندگی و کار (اثر بلند مدت). این سیاست‌ها به طور کلی به چهار دسته زیر

تقسیم می‌شوند:

- سیاست‌های مؤثر در تقاضای وسایل نقلیه یا سیاست‌های کنترل ترافیک

- سیاست‌های مؤثر در عرضه سیستم حمل و نقل

- سیاست‌های تکنولوژی

- برنامه‌ریزی فیزیکی

## ۱-۲-۱- سیاست‌های مؤثر در میزان تقاضای سفر با وسایل نقلیه [۳]

این سیاست‌ها مجموعه‌ای گسترده است که رفتار استفاده‌کنندگان را تغییر می‌دهد و خود به سه دسته تقسیم

می‌شود:

- تغییر در هزینه‌های استفاده از وسایل نقلیه شخصی

- اقدامات بازدارنده و یا تنظیم‌کننده

- اعطای امتیازات ویژه به برخی وسایل نقلیه

در سیاست‌های دسته اول هزینه ریالی استفاده از وسایل نقلیه شخصی افزایش داده می‌شود و در نتیجه تقاضای استفاده از آن کاهش می‌یابد. تعدادی از این سیاست‌ها عبارتند از مالیات بر مالکیت وسایل نقلیه شخصی، مالیات بر سوخت، قیمت‌گذاری راه، و افزایش نرخ پارکینگ در مناطق شلوغ شهر.

سیاست‌های دسته دوم با اعمال محدودیتهایی بر تحرک وسایل نقلیه شخصی باعث کاهش تقاضای استفاده از آنهاست، که شامل مواردی مانند ممنوعیت ورود وسایل نقلیه شخصی به محدوده ترافیک، ممنوعیت پارکینگ، و محدودیتهای سرعت می‌باشند.

سیاست‌های دسته سوم تقاضای استفاده از وسایل نقلیه شخصی را کاهش می‌دهد. مانند تخصیص خطوط ویژه‌ای از راه به همپیمایی، استفاده از سیستمهای پارک - سوار، و تخصیص خطوط ویژه‌ای از راه به وسایل نقلیه عمومی.

### ۱-۲-۲- سیاست‌های مؤثر در عرضه سیستم حمل و نقل

این اقدامات باعث بهبود کیفی یا کمی ظرفیت سیستم حمل و نقل می‌شوند و شامل موارد زیر می‌گردند:

- توسعه اجزاء فیزیکی سیستم حمل و نقل (توسعه پایانه‌ها در فرودگاهها و توسعه شبکه راهها)

- بهبود وضعیت وسایل نقلیه عمومی (افزایش سرویس‌های سروقت، توسعه شبکه اتوبوسرانی، و افزایش سرویسهای

سریع‌السیر)

- گسترش وسایل نقلیه پیشرفته و جدید (قطارهای سبک شهری و مترو)

### ۱-۲-۳- سیاست‌های تکنولوژی

متأسفانه این سیاستها با نوعی تناقض همراه هستند، زیرا از یک طرف تجهیزات تکنولوژیک زمانی قابل فروش است که هم برای فروشندگان و هم برای خریداران از نظر اقتصادی به صرفه باشد، و از طرف دیگر، چنانچه بهبود تکنولوژیکی وسایل نقلیه پراسیب (مثل اتومبیل‌ها) با کاهش هزینه کارکرد آنها همراه باشد، ترافیک از وسایل نقلیه کم آسب (مثل نقلیه عمومی) به وسایل نقلیه پراسیب جذب شده و نیز استفاده از وسایل نقلیه افزایش می‌یابد.

این سیاستها شامل تکنولوژی وسایل نقلیه و نیز فناوری اطلاعات می‌گردند. فناوری‌های وسایل نقلیه بدنبال کاهش دادن آلاینده‌های تولید شده توسط موتور ماشین و یا کاهش میزان مصرف سوخت آن از یک طرف، و از طرف دیگر به‌دنبال سوخت‌های جایگزین، می‌باشند. فناوری‌های اطلاعات باعث افزایش کارایی حرکت وسایل نقلیه مختلف در سطح شبکه می‌گردند، و شامل مدیریت ناوگان، و اطلاعات درباره وضعیت مسیرها می‌باشند.

### ۱-۲-۴- برنامه‌ریزی فیزیکی

تنظیم مناسب کاربری زمین، باز توزیع فعالیت‌های انسانی، منوط به یک برنامه‌ریزی صحیح است. برنامه‌ریزی فیزیکی، که بلندمدت‌ترین سیاست در کاهش اثرات محیطی حمل و نقل است، بر الگوهای حرکت جامعه تأثیری اساسی خواهند داشت. هدف از یک برنامه‌ریزی فیزیکی، در کاهش آلودگی ناشی از ترافیک، آن است که اولاً تماس بین ترافیک و انسان کاهش یابد، و ثانیاً فواصل بین محلهای سکونت، کار، خرید و تسهیلات دیگر آن قدر کم شوند که قسمت اعظمی از سفرها به صورت پیاده یا با دوچرخه صورت پذیرد.

### ۱-۳- قیمت‌گذاری بر راهها و محدوده‌هایی از شهر:

امروزه به علت پاره‌ای از مشکلات، سیاستهایی مانند احداث جاده‌های جدید، ایجاد خط ریلی سریع السیر و عریض کردن جاده‌ها (سیاست‌های گسترش شبکه) دیگر مورد توجه سیاست‌گذاران حمل و نقل نمی‌باشد و گزینه‌هایی مانند

پارک - سوار، استفاده از وسیله شخصی بصورت مشترک، تغییر زمان شروع و خاتمه مشاغل (سیاست‌های مدیریت تقاضا و شبکه) بیشتر در کانون توجه قرار دارند. یکی از سودمندترین گزینه‌های از این قبیل، قیمت‌گذاری بر راه‌ها می‌باشد، که یک ویژگی آن قابلیت انعطاف پذیری زیاد نسبت به زمان و مکان است. بدین معنی که می‌توان قیمت‌گذاری را برای شرایط مختلف بصورت مناسب تغییر داد. دیگر ویژگی آن که این روش دارای درآمد نیز می‌باشد و این عوارض مستقیماً به تولید کنندگان واقعی تراکم وارد می‌شود و در آمد ناشی از آن می‌تواند به مصرف بهبود سیستم حمل و نقل برسد.

#### ۱-۴- تعریف کلی مسئله:

شهری مفروض دارای مشکل آلودگی هوا در مناطق مرکزی می‌باشد. وسایل نقلیه مورد استفاده شهروندان برای انجام سفر در این شهر عبارتند از: سواری شخصی، تاکسی، اتوبوس، دوچرخ، مینی‌بوس، وانت و کامیون (وانت اساساً برای حمل بار، و کامیون کاملاً برای حمل بار استفاده می‌شوند). سیاستگذاران حمل و نقل به دنبال روشی برای مدیریت کاهش آلودگی در محدوده مرکزی شهر می‌باشند و در این راستا تصمیم به اخذ عوارض برای ورود وسایل سواری شخصی به این محدوده می‌گیرند. فرض می‌شود که گردانندگان سیستم سیاست کنترل دینامیک ترافیک از طریق تغییر هزینه استفاده از وسایل نقلیه شخصی (عوارض) را به عنوان راه حل مسأله آلودگی هوای شهر انتخاب کرده‌اند. حجم ترافیک ناشی از انتخاب وسیله استفاده‌کنندگان، که تحت تأثیر تصمیم گرداننده سیستم در مورد نرخ عوارض است، همراه با عوامل تصادفی جوی، روزانه آلودگی هوای معینی را بوجود می‌آورند. گرداننده سیستم می‌بایست برای هر روز گزینه‌ای را از میان گزینه‌های موجود برگزیند، بطوریکه کل هزینه‌های آلودگی هوا پس از گذشت یک دوره زمانی طولانی از روز شروع سیاست کنترل ترافیک، کمینه شود.

### پیشگفتار

برخی از هزینه‌های اجتماعی استفاده از وسایل نقلیه، همچون هزینه تعمیر و نگهداری روسازی راهها، و مصرف زمین توسط انواع مالیاتها از مصرف‌کنندگان اخذ می‌شود. ولی، بسیاری دیگر از هزینه‌های اجتماعی مستقیماً از استفاده‌کنندگان دریافت نمی‌شود. نمونه‌ای از این هزینه‌ها هزینه‌های آلودگی هوا، آلودگی شنیداری، افزایش تأخیر، و کاهش ایمنی است. به طور کلی، دریافت این هزینه‌ها به صورت مالیات از مردم با عدالت اجتماعی منافات دارد، زیرا این مالیات‌ها معمولاً متناسب با میزان تولید این هزینه‌ها نیست. سهم هر کس در جبران این هزینه‌ها باید با میزان استفاده از امکانات شبکه و آسیب وارد آمده به محیط‌زیست متناسب باشد. اگر جبران هزینه با اخذ عوارض از استفاده‌کنندگان سیستم میسر شود، هزینه پرداخت‌شده توسط مصرف‌کننده را می‌توان به مقدار استفاده از شبکه مرتبط کرد. قیمت‌گذاری بر شبکه و اخذ عوارض، گردانندگان شبکه را در رسیدن به اهدافی مانند کاهش تعداد سفرها، تغییر رفتار استفاده‌کنندگان در انتخاب وسیله، تغییر مسیر، تغییر زمان سفر، همپیمایی و تبدیل سفرهای جداگانه به سفر زنجیره‌ای یاری می‌نماید.

در این فصل پس از ارائه تاریخچه اجرای پروژه‌های قیمت‌گذاری بر شبکه، به بررسی مطالعات انجام‌شده در این زمینه پرداخته می‌شود.

### ۲-۱- تاریخچه اجرای پروژه‌های قیمت‌گذاری بر راه‌ها و مناطق ترافیکی [۱۷ و ۲۲]

برنامه‌ریزان حمل و نقل همواره سعی بر بهبود دادن شبکه حمل و نقل شهری داشته‌اند و یکی از سیاستهای موثر در این زمینه را اعمال راهکارهایی برای کاهش وسایل نقلیه در سطح شهر دانسته‌اند. این کاهش، هم در مورد وسایل در حرکت هم وسایل پارک شده مد نظر بوده است. تحقیقات بیشتری در مورد پارکینگ صورت گرفته است ولی به علت عدم

امکان کنترل پارکینگ های شخصی این مقوله کارایی لازم را نداشته است. بنابراین سمت و سوی تحقیقات و پروژه‌ها در جهت کنترل وسایل در حال حرکت گرایش پیدا نمود، و در این راستا بود که مقوله قیمت‌گذاری بر منطقه مطرح گردید. در حقیقت اولین بار این بحث از بعد تامین مالی اقتصادی مطرح شد ولی در ادامه جنبه‌های کاهش شلوغی ناشی از حجم ترافیک و کنترل محیط زیست نیز به عنوان اهداف این سیاست مد نظر قرار گرفتند.

## ۲-۱-۱- اهداف قیمت‌گذاری راه‌ها

هنگامی که تقاضای سفر افزایش می‌یابد، سرعت وسایل نقلیه کاهش یافته در نتیجه هزینه استفاده‌کنندگان شبکه بالا می‌رود. بدیهی است افراد تنها زمانی از شبکه استفاده می‌نمایند که سود حاصل از سفر آنان بیش از هزینه‌های پرداختی باشد، ولی از آنجا که ممکن است استفاده‌کننده هزینه وارد شده ناشی از افزایش شلوغی در شبکه را پرداخت ننماید، حتی هنگامی که هزینه کل سفر بیش از سود سفر است به سفر ادامه دهد. یکی از راه‌هایی که می‌تواند در درک این افزایش هزینه به استفاده‌کننده کمک کند اخذ عوارضی برابر هزینه پرداخت‌نشده توسط وی از راه قیمت‌گذاری استفاده از شبکه حمل و نقل می‌باشد. در واقع در این روش هزینه اخذ شده تفاوت بین هزینه حاشیه‌ای جامعه و هزینه متوسط استفاده‌کنندگان شبکه می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان اطمینان یافت فردی که سفر می‌کند بطور قطع دارای منافع بیشتری نسبت به هزینه‌های سفرش می‌باشد.

یکی دیگر از اهداف قیمت‌گذاری شبکه، کاهش اثرات زیست محیطی می‌باشد. این اثرات در سه نوع محلی، منطقه‌ای و جهانی مطرح می‌گردند. نوع محلی شامل: سر و صدا، آلاینده‌های اولیه مانند مونوکسیدکربن و اثرات منفی دیداری می‌باشد. نوع منطقه‌ای شامل اثرات آلاینده‌های ثانویه مانند اثر بر لایه اوزن و بارانهای اسیدی می‌باشد. نوع جهانی از اثرات حمل و نقل بر محیط زیست شامل اثرات ترافیک بر تولید آلاینده‌هایی مانند دی‌اکسید کربن است، که عامل پدیده گرم شدن کره زمین است. تحقیقات صورت گرفته در این زمینه نشانگر آن است که قیمت‌گذاری شبکه فقط در

کاهش نوع اول این اثرات، یعنی نوع محلی، می‌تواند مؤثر باشد. برای مقابله با نوع دوم و سوم از اثرات زیست محیطی حمل و نقل، سیاست اعمال مالیات بر سوخت، برای نمونه، می‌تواند موثر واقع گردد.

هدف دیگر قیمت‌گذاری شبکه ایجاد درآمد برای مصرف در سرمایه‌گذاری‌های درون شبکه و تامین مالی پروژه‌های

دیگر حمل و نقلی می‌باشد.

شایان ذکر است که پروژه‌های قیمت‌گذاری سنگاپور و هنگ کنگ بمنظور کاهش تراکم مطرح شده‌اند، پروژه‌های

قیمت‌گذاری در آلمان (اشتوتگارت) و سوئد (استکهلم) برای کاهش آلاینده‌ها اعمال شدند. پروژه‌های قیمت‌گذاری در نروژ

(برگن و اسلو) برای کسب درآمد برای تامین مالی ساخت جاده‌های جدید مورد نظر قرار گرفتند [۱۷].

## ۲-۱-۲- معیارهای طراحی

وزارت راه و ترابری آمریکا در سال ۱۹۶۴ معیارهای نه گانه زیر را برای طراحی یک شبکه قیمت‌گذاری شده مطرح

نمود [۱۷]:

۱- عوارض اخذ شده باید با میزان استفاده از جاده‌ها ارتباط تنگاتنگی داشته باشند.

۲- امکان تغییر عوارض برحسب مناطق مختلف، زمان مختلف در روز، هفته و یا سال و نوع وسیله نقلیه وجود

داشته باشد.

۳- قیمت‌ها باید متعادل بوده و قبل از استفاده مصرف کننده به اطلاع او برسند.

۴- امکان پرداخت عوارض هم قبل و هم بعد از مصرف باید وجود داشته باشد.

۵- سیستم باید در دید مصرف کنندگان کاملاً عادلانه جلوه کند.

۶- روش اخذ عوارض باید ساده باشد تا استفاده کننده براحتی آنرا بفهمد.

۷- تجهیزات احتمالی مورد استفاده برای گرفتن عوارض باید قابل اطمینان باشند.

۸- سیستم‌های مورد نظر باید به گونه‌ای باشد که مورد سوء استفاده قرار نگیرند و یا کسی در آن مغبون نگردد.



۹- سیستم ذکر شده باید قابلیت توسعه در سطح کشوری را داشته باشد

این معیارها تا ۳۰ سال بعد از وضعشان پا بر جا بودند و هنوز هم معتبرند ولی سه معیار مهم دیگر نیز امروزه در

این زمینه مطرح می باشند:

۱۰- تجهیز وسایل نقلیه به وسایل مورد نیاز برای روش اخذ الکترونیکی عوارض باید به سادگی و با هزینه معقولی

فراهم شده و سپس نصب گردند.

۱۱- حافظه اصلی سیستم اخذ الکترونیکی عوارض علاوه بر قابلیت نگهداری ایمن اطلاعات باید قابلیت آن را داشته

باشد که استفاده کنندگان به سادگی از میزان عوارض پرداختی در هر زمان مطلع گردند.

۱۲- پیشرفت فناوری باید در نحوه اخذ عوارض مد نظر قرار گیرد.

### ۲-۱-۳- پروژه‌های انجام شده در زمینه قیمت گذاری شبکه

همانطور که اشاره شد اولین پروژه قیمت گذاری شبکه در سنگاپور در سال ۱۹۷۵ صورت پذیرفت [۱۷] که هدف از

اجرای آن کاهش شلوغی ترافیک بوده است. عوارض شبکه به صورت روزانه یا ماهانه قابل پرداخت، و همچنین برحسب نوع

وسيله نقلیه متغیر، بوده است. اخذ هزینه حدود ۰/۶ پوند بر روز در سال ۱۹۷۵ برای ورود به محدوده منجر به کاهش ۴۴٪

حجم ترافیک در محدوده قیمت گذاری شده گردید. استفاده کنندگان بیشتر به سمت استفاده مشترک از وسایل نقلیه

شخصی و استفاده از حمل و نقل همگانی ترغیب شدند، همچنین سرعتها در محدوده به میزان ۲۰٪ افزایش یافت. با وجود

این سرعت در مناطق حاشیه‌ای محدوده به علت افزایش تراکم کاهش یافت. در آمد بدست آمده ۶ میلیون دلار در سال

بوده است که تنها ۱۲٪ آن صرف هزینه اجرای پروژه گردید.

پروژه‌های دیگر در این زمینه که به منظور کسب در آمد اجرا گردیدند، پروژه‌های اجرا شده در شهرهای برگن در

سال ۱۹۸۶ و اسلو در سال ۱۹۹۰ بودند. در برگن، با وضع عوارض ۰/۵ پوند بر روز ۷٪ از ترافیک کاهش یافت در حالی که

در اسلو با عوارض ۱ پوند بر روز مقدار کمتری از کاهش حجم ترافیک مشاهده گردید. ظاهراً علت بروز این ارقام آن بوده است که وسیله جایگزین مناسبی برای استفاده کنندگان سواری شخصی موجود نبوده است.

در پروژه‌های دیگر، سیستم پیشرفته اخذ عوارض بصورت الکترونیکی در شهر هنگ کنگ اجرا گردید [۱۷]. در این پروژه شناسگرهایی در ابتدای محدوده در زمین نصب شد، که هنگام عبور وسیله نقلیه از روی آن اطلاعات مالک وسیله، نوع وسیله، و مکان و زمان عبور وسیله را مشخص می‌کردند. دقت این سیستم الکترونیکی مورد آزمایش قرار گرفته و تأیید شده است.

#### ۲-۱-۴- موانع موجود بر سر راه پروژه‌های قیمت‌گذاری شبکه

مشکلات قیمت‌گذاری شبکه را باید به ۳ دسته: تکنولوژیکی، سیستمی و سیاسی تقسیم نمود [۲۲]. که در زیر بطور خلاصه به آنها اشاره خواهد شد. مسئله فناوری در این پروژه‌ها معمولاً در ۲ زمینه مطرح می‌شود. نخست آنکه برای عدم ایجاد ترافیک در مرز محدوده مورد نظر باید سیستم اخذ عوارض بصورت الکترونیکی اجراء گردد، و این نیازمند تجهیز نمودن وسایل نقلیه به شناسگرهای مورد نیاز، و همچنین تعبیه دستگاههایی به منظور ارتباط با شناسگرهای روی وسایل نقلیه در مرز محدوده می‌باشد. دوم آن که چون یکی از مشکلات قیمت‌گذاری راه‌ها نقض حریم خصوصی مردم می‌باشد، استفاده از سیستمی که نیاز به حفظ مشخصات خصوصی وسیله نقلیه و مالک آن نداشته باشد ضروری بنظر می‌رسد، که یک راه حل آن می‌تواند استفاده از کارتهایی زمان دار مانند کارتهای اینترنت باشد که قابل نصب بر روی وسایل نقلیه باشند، و دارای کد مخصوص به خود بوده و بصورت زمانی توسط استفاده کننده خریداری شوند.

از نظر سیستمی، چون رفتار واقعی مردم به علت عدم وجود اطلاعات قبل از اجرای پروژه قابل مشاهده نمی‌باشد، برای تحلیل سیستم و تعیین رفتار احتمالی استفاده کنندگان شبکه ناچار از داده‌های رجحان بیان شده استفاده می‌گردد، که هم از نظر اجرای نظرسنجی مشکل است، و هم به لحاظ دقت نسبت به حالت رجحان مشاهده شده از دقت کمتری برخوردار می‌باشد.

از لحاظ سیاسی، به علت نقض حریم خصوصی افراد و اعمال محدودیت بر آزادی سفر، و همچنین تحمیل هزینه به مردم، و عدم مطابقت با عدالت اجتماعی در برخی موارد، چنین پروژه‌هایی می‌توانند مشکل ساز باشند.

از دیگر مشکلات اینگونه پروژه‌ها می‌توان از تغییر کاربری زمین و کاهش دسترسی نام برد. کارشناسان با درک این مشکلات، و با توجه به مزایای یاد شده در بالا، اقدام به رفع تدریجی مشکلات نموده‌اند و امروزه پروژه‌های قیمت‌گذاری شبکه بسیار مورد توجه مسئولان امر قرار گرفته‌اند.

### ۲-۱-۵- نتایج تجربیات موجود در زمینه قیمت‌گذاری بر شبکه

دریافت عوارض از استفاده‌کنندگان شبکه می‌تواند به صورت الکترونیکی و یا دستی باشد. اخذ عوارض الکترونیکی به صورت امری جذاب در شهرهای بزرگ درآمده است. یکی از پیشگامان این امر آلمان (اشتوتگارت) می‌باشد که مجهز به این سیستم است. مدیران این طرح با آزمایش قیمت‌های مختلف وضع شده بر روی این ناحیه به بررسی رفتار رانندگان و استفاده‌کنندگان از سیستم پرداخته‌اند. در اروپا برای جلوگیری از اثرات نامطلوب و منفی سیستم‌های حمل و نقل اهداف زیر دنبال می‌گردد:

- هموار کردن اوج حجم ترافیک برای کاهش شلوغی.

- ترغیب استفاده‌کنندگان برای استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی.

- ارتقای کارایی استفاده از وسایل نقلیه شخصی.

- کاهش آلودگی مربوط به ترافیک.

برای نیل به این اهداف، برنامه‌ریزان حمل و نقل در شهر اشتوتگارت با ایجاد یک ناحیه ترافیکی و اخذ عوارض برای ورود به آن با توجه به میزان تقاضا توانستند به اهداف زیر دست یابند:

- کاهش تعداد سفرها

- تغییر در انتخاب وسیله

- تغییر مسیر

- تغییر زمان سفر

- همپیمایی

- تبدیل سفرهای جداگانه به سفر زنجیره‌ای

نتایج حاصل از این طرح به صورت زیر گزارش شده است:

- حداقل نیاز برای اجرای یک طرح اخذ عوارض الکترونیکی در نواحی ترافیکی، رشد تکنولوژیک سیستم حمل و

نقل، اخذ عوارض و نظارت بر شبکه و چهارچوب قانونی مناسب می‌باشد.

- قیمت‌گذاری بر شبکه تنها در صورتی امکان‌پذیر است که شبکه توانایی پذیرش آن را داشته باشد. طرح‌های

مشابه اجرا شده در هنگ‌کنگ، هلند، سوئد، ... نشان می‌دهند که اشتباهات بزرگی می‌توانند رخ دهند که می‌تواند

حتی شامل بحران‌های دولتی باشد.

- نکته مهم، مقبولیت تعرفه‌های استفاده از ناحیه‌های ترافیکی می‌باشد، زیرا در این صورت به جای اخذ مالیات (که

معمولاً به طور مساوی از افراد گرفته می‌شود) به دریافت عوارض از استفاده‌کنندگان روی آورده می‌شود (که در آن

به میزان استفاده افراد از شبکه از آنها عوارض گرفته می‌شود). این موضوع است که به نوعی در راستای عدالت

اجتماعی است، و استفاده‌کنندگان باید آن را درک کنند.

- باید توجه کرد که اخذ عوارض باعث کاهش مطلوبیت تجاری منطقه نمی‌گردد، بلکه برعکس با بالا رفتن سطح

خدمت شبکه در این نقاط این مطلوبیت بخاطر افزایش سرعت دسترسی افزایش می‌یابد.

- قیمت‌گذاری باید نسبت به زمان روز، حجم ترافیک، میزان آلودگی هوا و شرایط جوی حساس باشد.

- ناحیه‌بندی شبکه برای بازدهی مناسب باید به گونه‌ای باشد که شامل مراکز اصلی شهر و نیز زیرمجموعه‌های آنها

گردد.