وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
دانشکده فنی و مهندسی

مدیریت ترافیک شبکه از طریق قیمت‌گذاری تردد در منطقه *CBD* و ارائه مدل هزینه تردد

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران
گرایش برنامه ریزی حمل‌ونقل

استاد راهنما
دکتر ناصر پورمعلم

دانشجو
محمدامین رضاپور

مهر ماه ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خداوند جان و خرد　　کزین برتر اندیشه برنگذرد

خداوند روزی ده رهنمای　　خداوند نام و خداوند جای

بنام خداوند علیم و قدیر آغاز می کنم. خداوندی که وجود برون را با هستی و وجود درون را با حیات خویش بی نیاز کرد، تا با رسیدن به اوج قله های انسانیت و دانش، باز هم تنها نام او آرامش دهنده قلبها گردد.

خداوند سبحان را سپاسگزارم که توفیق بهره مندی از دانش و اجرای این پژوهش را به من عطا فرمودند.

همچنین از راهنمایی های استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر پور معلم که بخشی از اندوخته های خود را در اختیارم قرار دادند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین از اساتید آقای دکتر رصافی، آقای دکتر حاجی حسینلو و جناب آقای دکتر کریمی اساتید محترم دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) و خواجه نصیرالدین طوسی نهایت تشکر و قدردانی را دارم و سعادت و سلامت را برای آنها آرزومندم.

چکیده

افزایش جمعیت منجر به بالارفتن فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی در جامعه شده که بـه افـزایش تقاضای سفر در شهر منتهی می‌گردد. این افزایش سفر، تا زمان رسیدن به حداکثر ظرفیـت ادامـه می‌یابد. با نزدیک شدن به مقدار ظرفیت بحرانی، به تدریج مقدار تراکم در راه بالاتر می‌رود. پدیدار شدن تراکم در شبکه حمل و نقل، هزینه‌هایی از جمله آلودگی هوا، افزایش مصرف سوخت و تاخیر مسافران را برای شهروندان و مسئولین شهری در پی خواهد داشت. طی دهه‌های گذشته، قیمـت-گذاری تردد تنها راه حل مناسب این مسئله مطرح شده و در کشورهای مختلف با موفقیت به اجرا درآمده است.

قیمت‌گذاری تردد به روش کمربند چند لایه‌ای مد نظر این مطالعه می‌باشد. جواب مسأله، تعیـین مقدار عوارض مناسب برای کمربندهای مشخص برای رسیدن به حداکثر منفعت عمومی با توجه به تفاوت ارزش زمانی خوشه‌های مختلف استفاده کنندگان می‌باشد. مدل حل، دو سطحی بـوده کـه سطح بالا منفعت عمومی را بیشینه می‌کند درحالیکه سطح پایین تعادل استفاده کنندگان را با در نظر گرفتن طبقه‌های متفاوت و با تقاضای متغیر[1] مد نظر قرار می‌دهد. روش حل پیشنهادی برای این مدل استفاده از روش تخصیص چند طبقه گسسته و روش گرم و سرد کردن شبیه سازی شده می‌باشد. درنهایت با تحلیل حساسیت مقادیر مختلف عوارض، بهترین مقداری که منفعـت عمـومی (هم استفاده کننده و هم مسئولین شهری) را بهینه نماید، بدست می‌آید.

واژه‌های کلیدی: کمربند چند لایه حول *CBD*، قیمت‌گذاری تردد، تقاضای متغیر، تخصیص چند طبقه گسسته، روش گرم و سرد کردن شبیه سازی شده.

[1] *Elastic demand*

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۱-۱- اهدای امتیاز ویژه به وسایل نقلیه پر سرنشین و عمومی..... ۲

۱-۱-۲- بالابردن هزینه استفاده از وسایل نقلیه شخصی ۳

۱-۱-۳- اقدامات بازدارنده و یا تنظیم کننده ۳

۱-۲- تعریف کلی مسئله..... ٤

۱-۳- هدف مطالعه ٤

۱-۴- فرضیات مطالعه ٥

۱-۵- روش تحقیق..... ٥

۱-۶- روند انجام مطالعات ٦

فصل ۲: مروری بر سوابق و پیشینه تحقیق ۷

۲-۱- پیشگفتار ۸

۲-۲- مطالعه بر روی قیمت گذاری ثابت (استاتیک)..... ۸

۲-۲-۱- قیمت گذاری اولین- بهترین..... ۹

۲-۲-۲- قیمت گذاری دومین- بهترین ۱۱

۲-۲-۳- قیمت گذاری با در نظرگیری طبقه بندی..... ۱۲

۲-۳- قیمت گذاری تک طبقه..... ۱۳

۲-۳-۱- مطالعه یانگ و هانگ ۱٤

۲-۳-۲- مطالعه ویرهوف..... ۱٥

۲-۳-۳- مطالعه مون و همکاران ۱٦

۲-۳-۴- مطالعه چن و برنشتن ۱۷

۲-۳-۵- مطالعه چاو ۱۸

۲-۳-۶- مطالعه هو و همکاران ۱۸

۲-۳-۷- مارویاما و سومالی..... ۱۹

۲-۳-۸- مطالعه ژانگ و یانگ..... ۲۰

۲-۴- قیمت گذاری چند طبقه ۲۲

۲-۴-۱- مطالعه هان و یانگ..... ۲۳

۲-۴-۲- مطالعه ناگرنی و دانگ ۲٤

۲-۴-۳- مطالعه یانگ و هانگ ۲٤

۲-۴-۴- مطالعه ژانگ و همکاران ۲۵
۲-۵- قیمت گذاری متغیر ۲۶
۲-۶- مطالعه بر رفتار عمومی و تاثیرات جانبی طرح ۲۶
۲-۷- جمع بندی ۳۶

فصل ۳: بهینه سازی و الگوریتم *SA* **۳۸**
۳-۱- پیشگفتار ۳۹
۳-۲- شبیه‌سازی حرارتی (*Simulated Annealing*) ۴۰
۳-۳- مقدمه ۴۰
۳-۴- *SA* چیست؟ ۴۲
۳-۴-۱- نقطه شروع ۴۴
۳-۴-۲- مولد حرکت ۴۴
۳-۴-۳- برنامه سرد کردن ۴۴
۳-۵- مقایسه *SA* با تپه‌نوردی ۴۵
۳-۶- معیار پذیرش (یک حرکت) ۴۶
۳-۶-۲- شرط تعادل ۴۷
۳-۶-۳- شرط توقف ۴۷
۳-۷- رابطه‌ی بین *SA* و حرارت فیزیکی ۴۷
۳-۸- اجرای *SA* ۴۸
۳-۹- برنامه سرد کردن ۴۹
۳-۹-۱- درجه حرارت آغازین ۵۰
۳-۹-۲- درجه حرارت پایانی ۵۱
۳-۹-۳- کاهش درجه حرارت در هر مرحله ۵۱
۳-۹-۴- تکرار در هر دما ۵۱
۳-۱۰- تابع هزینه ۵۲
۳-۱۱- همسایگی ۵۲
۳-۱۲- روش حل *TSP* با *SA* ۵۳
۳-۱۲-۲- روش *Simulated Annealing* ۵۶
۳-۱۳- نتیجه گیری ۵۷

فصل ۴: تعریف مسأله، ارائه مدل و روش حل آن **۵۸**
۴-۱- پیشگفتار ۵۹

۴-۲- مفاهیم حمل و نقلی مرتبط با مدل ۵۹
۴-۲-۱- تعادل استفاده کننده ۵۹
۴-۲-۲- تعادل سیستم ۶۰
۴-۲-۳- تقاضای متغیر ۶۰
۴-۲-۴- تابع زمان سفر - حجم ۶۱
۴-۳- معرفی مدل ۶۲
۴-۴- مسئله سطح پایین(تخصیص) ۶۳
۴-۴-۲- شرط جواب ۶۵
۴-۴-۳- روش حل مسئله تخصیص(مسئله سطح پایین) ۶۶
۴-۴-۴- الگوریتم حل ۷۱
۴-۵- مسئله سطح بالا (منفعت عمومی) ۷۲

فصل ۵: اجرای مدل، نتایج و تحلیل حساسیت ۷۵

۵-۱- پیشگفتار ۷۶
۵-۲- ارزیابی و اعتبار سنجی مدل تخصیص پیشنهادی ۷۶
۵-۳- مقایسه بین روش تخصیص چند طبقه و تک طبقه ۷۹
۵-۴- تاثیر تغییر عوارض بر روی مقدار منفعت عمومی در حالت چندطبقه و تک‌طبقه ۸۲
۵-۵- تحلیل حساسیت بر روی شبکه اصلی ۸۳
۵-۶- تحلیل حساسیت برای مقدار عوارض دریافتی ۸۵
۵-۶-۲- تحلیل حساسیت برای مقدار ارزش زمانی ۸۸
۵-۷- نتایج حاصل از اجرای برنامه ۸۹

فصل ۶: نتیجه گیری وپیشنهادات ۹۰

۶-۱- نتیجه گیری ۹۱
۶-۲- پیشنهادات ۹۳

منابع و مراجع ۹۵

فهرست اشکال

شکل (۲-۱). تعداد سفر- هزینه سفر(نمودار) ۱۰
شکل (۲-۲). راه های عوارض باز ۳۰
شکل (۲-۳). راه های عوارض بسته ۳۰
شکل (۲-٤). عوارض منطقه ای و محدوده ای ۳۱
شکل (۲-۵). عوارض منطقه ای با راه آزاد ۳۱
شکل (۲-٦). عوارض منطقه ای یا غشایی ۳۲
شکل (۲-۷). عوارض در قطعات راه ۳۳
شکل (۳-۱). شبکه فرضی مثال فروشنده دوره گرد ٥٤
شکل (۳-۲). مثال فروشنده دوره گرد (برش ۲ تکه) ٥٤
شکل (۳-۳). مثال فروشنده دوره گرد (برش ۳ تکه) ٥٥
شکل (٤-۱). فلوچارت روش تخصیص ۷۰
شکل (۵-۱). شبکه مطالعه یانگ [۱۸] ۷۷
شکل (۵-۲). درصد خطای نرخ جریان بین مبدا و مقصد ۷۸
شکل (۵-۳). درصد خطای جریان برروی کمان ۷۹
شکل (۵-٤). نمودار در آمدهای حاصل از مدل تک‌طبقه و سه‌طبقه حالات جدول(۵-۳) ۸۰
شکل (۵-۵). جریان در کمان ۳ ..... ۸۱
شکل (۵-٦). جریان در کمانهای ۱ و ۲ ..... ۸۱
شکل (۵-۷). مسیرهای موجود برای حرکت از مبدا ۱ به مقصد ۵ ..... ۸۱
شکل (۵-۸). زمان سفر کل شبکه ۸۲
شکل (۵-۹). تحلیل حساسیت عوارض ۸۳
شکل (۵-۱۰). شبکه شهر مشهد ۸٤
شکل (۵-۱۱). نمودار تاثیر تغییر مقدار عوارض بر روی کمربند تک‌لایه ۸٦
شکل (۵-۱۲). نمودار تغییر مقدار عوارض بر روی کمربند دولایه ۸۷
شکل (۵-۱۳). نمودار تاثیر مقدار عوارض بر منفعت عمومی برای کمربند تک لایه و دولایه ۸۷
شکل (۵-۱٤). نمودار تغییرات مقدار منفعت عمومی با تغییر ارزش زمانی برای عوارض متفاوت ۸۸

فهرست جداول

جدول (۲-۱). مقایسه بین سیستم الکتریکی(*ERP*) و سیستم مجوز ورود(*ALS*) در سنگاپور [۲۷]. ۲۸
جدول (۲-۲). نتایج کمربند عوارض برای نروژ [۲۸]..... ۲۹
جدول (۲-۳). خلاصه ای از تحقیقات برجسته در زمینه قیمت گذاری تراکم..... ۳۳
جدول (۳-۱). ترسیم حرارت فیزیکی با SA..... ٤٨
جدول (۵-۱). پتانسیل تقاضا [۱۸]..... ۷۷
جدول (۵-۲). مشخصات کمانها [۱۸]..... ۷۷
جدول (۵-۳). نتایج بدست آمده از مدل تک طبقه و سه طبقه ۷۹
جدول (۵-٤). تغییر عوارض بر منفعت عمومی ۸۳
جدول (۵-۵). نتایج تغییر مقدار عوارض بر روی کمربند تک لایه و دو لایه..... ۸۵
جدول (۵-٦). نتایج تغییر عوارض با ارزش زمانی سه کلاس (٤۰۰۰، ۷۰۰۰ و ۱۰۰۰۰) بر مقدار منفعت عمومی..... ۸۸
جدول (۵-۷). مقایسه نتایج بدست آمده..... ۸۹

فصل ۱: مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

بالارفتن روز به روز جمعیت شهری و افزایش تعداد خودروهای شخصی در شهر، منجر به ایجاد تراکم در راههای شهری و پدیدار گشتن مشکلات ترافیکی می‌شود، این افزایش تراکم در ساعات اوج ترافیک بیشتر نمایان می‌شود. تراکم در شبکه حمل و نقل هزینه های زیادی از جمله افزایش مصرف سوخت، تاخیر زمانی مسافران، آلودگی هوا و آلودگی صوتی را بر دوش مسئولین و شهروندان تحمیل می‌کند.

مرسوم‌ترین روش در کشورهای جهان سوم، برای پاسخ به تقاضای در حال افزایش و خروج از مشکل تراکم، افزایش عرضه بوده که هزینه بالایی را بر مدیریت شهری تحمیل می‌کند کما اینکه از نظر اجرایی بسیار دشوار است. به دلیل مشکلات موجود برای افزایش عرضه، کارشناسان استفاده از روشهای دیگری از جمله مدیریت تقاضا را مد نظر قرار می‌دهند. روشهایی که از بازخورد رفتار استفاده کنندگان از شبکه الهام گرفته و رفتار استفاده کنندگان را در نظر می‌گیرد.

روشهای متفاوتی برای مدیریت تقاضای ترافیک وجود دارد که اکثر منابع معتبر آنها را به سه گروه تقسیم نموده‌اند:

۱- اهدای امتیاز ویژه به وسایل نقلیه پر سرنشین و عمومی.

۲- بالابردن هزینه استفاده از وسایل نقلیه شخصی.

۳- اقدامات بازدارنده و یا تنظیم کننده.

۱-۱-۱- اهدای امتیاز ویژه به وسایل نقلیه پر سرنشین[1] و عمومی

یکی از راهکارهای مدیریت تقاضا، اعطای امتیازات ویژه به وسایل نقلیه پر سرنشین و عمومی می‌باشد. این امتیازها تقاضای سفر با خودروهای شخصی را به سمت وسایل نقلیه پر سرنشین سوق می‌دهد. این راهکارها عبارتند از:

- تخصیص خطوط ویژه به وسایل نقلیه همگانی،
- تخصیص خطوط ویژه به وسایل پر سرنشین،

[1] *HOV* (*High Occupancy Vehicles*)

- استفاده از سیستم پارک سوار.

۱-۱-۲- بالابردن هزینه استفاده از وسایل نقلیه شخصی

هزینه استفاده از خودروهای شخصی در این روش به طرق مختلف بالا برده می‌شود. با افزایش هزینه خودروهای شخصی تقاضای استفاده از آن کاهش می‌یابد. این هزینه را می‌توان به صورتهای متفاوتی اخذ نمود :

- مالیات بر مالکیت خودرو،
- مالیات بر سوخت،
- قیمت گذاری پارکینگ،
- قیمت گذاری معابر.

۱-۱-۳- اقدامات بازدارنده و یا تنظیم کننده

اقدامات نامبرده، محدودیت‌هایی بر روی وسایل نقلیه شخصی اعمال می‌کنند. محدودیتهای اعمال شده مطلوبیت خودروهای شخصی را کاهش می‌دهد. این محدودیت‌ها عبارتند از:

- ممنوعیت ورود خودروهای شخصی به ناحیه‌ای خاص(محدوده ترافیک)
- محدودیتهای سرعت

تمامی راهکارها فوق، برای آگاه ساختن استفاده کننده از هزینه ای است که او با استفاده از وسیله نقلیه شخصی و ورود به شبکه به دیگر استفاده کنندگان وارد می‌کند.

در این مطالعه قیمت گذاری تراکم به عنوان یکی از گزینه‌های مدیریت تقاضا مد نظر قرار می‌گیرد. البته قیمت گذاری تراکم می‌تواند اهداف دیگری را نیز دنبال کند از جمله عبارتند از:

۱. کنترل آلودگی محیط زیست،

۲. کنترل ترافیک در شبکه (جلوگیری از تراکم)،

۳. کسب درآمد.

۱-۲- تعریف کلی مسئله

مهندسین اقتصاد بر این باورند که مسافران معمولا هزینه هایی مانند هزینه تراکم و یا آلودگی هوا و یا آلودگی های دیگر و همچنین احتمال افزایش تصادفات که با ورود آنها به شبکه حمل‌ونقل ممکن است ایجاد شود را در نظر نمی‌گیرند. به همین دلیل تئوری هزینه نهایی[۱] بدین صورت بیان می‌شود که از استفاده کنندگان شبکه هزینه‌ای برابر با اختلاف بین هزینه نهایی اجتماعی[۲] و هزینه نهایی خصوصی[۳] به عنوان عوارض اخذ گردد. با دریافت این هزینه استفاده کننده ای که وارد شبکه می‌شود هزینه واقعی را پرداخت می‌کند و بدین صورت استفاده بهینه از منابع صورت می‌گیرد. بدست آوردن مقدار عوارضی که چنین حالتی را برای شبکه تضمین کند، مسئله‌ای است که در این پایان نامه به آن پرداخته شده است. عوارض بدست آمده به این ترتیب بهینه بوده و اجرایی می‌باشد.

۱-۳- هدف مطالعه

روشها و متدهای مختلفی برای بدست آوردن مقدار عوارض بهینه و همچنین قیمت گذاری ناحیه-ای و محلی شهر مطرح شده است. ولی بررسی ارزش زمان سفر استفاده کنندگان در این مطالعات زیاد مورد توجه قرار نگرفته است در حالی که بحث در مورد تاثیر عوارض بر روی تقاضای سفر بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی افراد ناقص می‌باشد. در بیشتر مطالعات انجام شده، ارزش زمانی افراد یکسان در نظر گرفته شده است، حال آنکه در واقعیت ارزش زمانی افراد یک جامعه شکل گسسته و یا پیوسته دارد. هدف این مطالعه بررسی حالت گسسته ارزش زمانی می‌باشد. بدین معنا که افراد مختلف را با ۳ نوع ارزش زمانی متفاوت بررسی می‌کند. همچنین سعی شده که در تحلیل

[1] *Marginal cost*
[2] *Marginal social cost*
[3] *Marginal private cost*

حساسیت کمربندهای تک لایه‌ای با چند لایه‌ای مقایسه شود و حالت برتر انتخاب گردد.

۱-۴- فرضیات مطالعه

در این مطالعه فرض شده است که مبداها و مقاصد دارای تقاضای متغیر می‌باشند (همانطور که در واقعیت وجود دارد) به صورتی که هر مبدا دارای جمعیتی با ارزش زمانی مشخص می‌باشد. تابع تقاضا مشخص و توزیع ارزش زمانی به صورت گسسته فرض شده است. شبکه حمل و نقل به صورت یک شبکه متصل و گسسته فرض شده و برای نمایش آن از گراف استفاده شده است به صورتی که جهت هر کمان بیانگر جهت حرکت خودروها می‌باشد. کمانهای موجود در بر گیرنده خصوصیات فیزیکی همچون ظرفیت و زمان سفر خیابانهاست. در این مطالعه هم کمربند تک‌لایه و هم دو لایه حول مرکز شهر مشهد در نظر گرفته شده است. مکان کمربندها با کارشناسی دقیق تعیین و مقدار عوارض بهینه بر روی آنها به وسیله مدل ارائه شده بدست می‌آید. مقدار عوارض برای هر دو کمربند یکسان فرض شده است. رانندگان هم همچون واقعیت از قانون تعادل استفاده کننده پیروی می‌کنند.

۱-۵- روش تحقیق

در این پایان نامه ابتدا مدل تخصیص سفر با درنظر گرفتن ارزش زمانی متفاوت استفاده کنندگان ارائه می‌گردد سپس شبکه فرضی (نمونه مدل) کوچکی به وسیله مدل ارائه شده حل می‌شود. در گام بعدی برای بررسی درستی مدل همان شبکه با استفاده از شبیه سازی حل شده و جوابهای دو حالت با هم مقایسه می‌گردد. سپس مدل قیمت گذاری دو سطحی معرفی می‌شود که در آن از مدل تخصیص بررسی شده استفاده می‌شود. در مدل قیمت گذاری برای بدست آوردن مقدار عوارض بهینه از روش گرم و سرد کردن شبیه سازی شده (SA) استفاده می‌شود. این مدل برای شبکه حمل‌ونقل شهر مشهد بکار گرفته شده و نتایج مورد بررسی و ارائه قرار می‌گیرد. البته تحلیل حساسیت ذکر شده به روند تصمیم گیری کمک شایانی می‌کند.

۱-۶- روند انجام مطالعات

در فصل دوم این پایان نامه قیمت گذاری تردد مورد بررسی دقیق‌تری قرار خواهد گرفت. سپس مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه روشهای قیمت گذاری شبکه انجام می‌پذیرد. در فصل سوم، به شرح مبانی نظری تحقیق و روشهای علمی به کار گرفته شده همچون روش گرم و سرد کردن پرداخته می‌شود. در فصل چهارم، روش پیشنهادی این پایان نامه به همراه مدل ارائه شده برای قیمت گذاری شبکه شرح داده می‌شود. سپس در فصل پنجم، چگونگی کاربرد روش پیشنهادی این پایان نامه برای شبکه شهر مشهد بیان شده و نتایج حاصل از آن همراه با تحلیل حساسیت بررسی شده و همراه با نمودارهای ارزیابی ارائه می‌گردد.

فصل ۲: مروری بر سوابق و پیشینه تحقیق

۲-۱- پیشگفتار

اولین جرقه‌ها برای قیمت گذاری راه‌ها توسط آقایان پیگو (۱۹۲۰) [۳] و نایت (۱۹۲۴) زده شد که نقاط ورودی و خروجی به منطقه ای خاص را برای قیمت گذاری انتخاب کردند. لذا اهمیت این موضوع از زمانهای قدیم به اثبات رسیده است. از آن زمان مطالعات بسیار زیادی در این زمینه انجام شده است. به طور کلی می‌توان این مطالعات را به سه بخش کلی تقسیم بندی نمود:

۱- مطالعه بر روی قیمت‌گذاری ثابت (استاتیک)،

۲- مطالعه بر روی قیمت‌گذاری متغیر (دینامیک)،

۳- مطالعه بر رفتار عمومی و تاثیرات جانبی طرح.

روند این پایان نامه، مطالعه بر روی قیمت گذاری ثابت می‌باشد، لذا ابتدا مطالعات نوع ۱ مورد بررسی قرار می‌گیرند سپس به اختصار موارد ۲و ۳ معرفی می‌شوند.

۲-۲- مطالعه بر روی قیمت گذاری ثابت (استاتیک)

به طور کلی دو نوع قیمت‌گذاری در این مطالعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. قیمت گذاری اولین- بهترین[1] و قیمت گذاری دومین- بهترین[2] که در ادامه به تشریح این دو مدل قیمت گذاری می-پردازیم. همان طور که اشاره خواهیم کرد، مدل های اولیه قیمت‌گذاری بر روی تئوری هزینه نهایی بنا شده که اولین بار در مطالعه پیگو آورده شده که بر اساس تئوری اقتصادی حول تعادل عرضه و تقاضا استوار می‌باشد.

مطالعات مربوط به قیمت گذاری استاتیک را می‌توان به شکلهای متفاوتی تقسیم بندی نمود. در تقسیم بندی با توجه به نحوه اخذ عوارض می‌توان دو گروه را از هم تمیز کرد:

۱. تئوری اقتصادی قیمت گذاری و مسائل مربوط به قیمت گذاری اولین- بهترین.

۲. قیمت گذاری دومین- بهترین و مسائل مربوط به مقدار عوارض و محل اخذ عوارض.

در تقسیم بندی با توجه به نحوه در نظر گرفتن ارزش زمانی افراد (طبقه‌های متفاوت) می‌توان

[1] *First-best*
[2] *Second-best*

مطالعات را به دو گروه اصلی تقسیم نمود:

الف. تک طبقه: ارزش زمانی همه افراد برابر یک مقدار ثابت می‌باشد.

ب. چند طبقه: ارزش زمانی افراد جامعه متفاوت در نظر گرفته شده است.

جهت تفکیک بحث و تشریح بیشتر، ابتدا تقسیم بندی بر اساس نحوه اخذ عوارض شرح داده می‌شود. سپس به تقسیم بندی با توجه به ارزش زمانی افراد می‌پردازیم و ۳ خوشه (فقیر، میانه و غنی) رفاهی شهروندان را تشریح می‌کنیم.

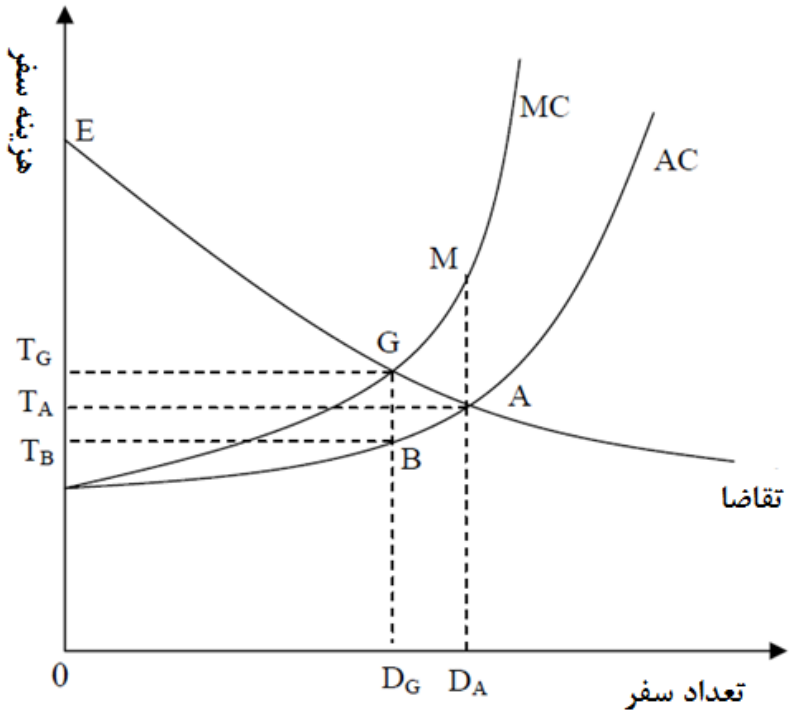
۲-۲-۱- قیمت گذاری اولین-بهترین

تئوری قیمت گذاری اولین- بهترین از اولین مطالعاتی بود که توسط اقتصاددانان و مهندسین حمل‌ونقل مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. از آن جمله می‌توان به کارهای والترز[1] در سال۱۹۶۱ و بکهام[2] در سال ۱۹۶۵و دفرموس[3] در سال ۱۹۷۲ و ویرهوف[4] در سال ۱۹۹۶[۴] اشاره نمود. تئوری هزینه نهایی در شکل (۲-۱) با استفاده از مطالعه یانگ[5] و هانگ[6] در سال۱۹۹۸[۵] توضیح داده شده است.

در شکل (۲-۱) AC[7] بیانگر میانگین هزینه پرداختی توسط استفاده کننده در سطح مشخصی از تقاضا می‌باشد. اگر MC[8] هزینه حاشیه‌ای اجتماعی باشد، می‌توان گفت که AC بیانگر میزان هزینه‌ای است که شخص جدیدی که در آن سطح تقاضا وارد شبکه می شود، درک خواهد کرد. در حالی که MC برابر است با میزان هزینه حاشیه ای اجتماعی که ورود کاربر جدید ایجاد می‌کند. میزان اختلاف بین AC و MC در هر سطح تقاضا بیانگر میزان هزینه تراکم در آن سطح تقاضا می‌باشد. همانطور که در شکل مشخص است، مقدار جریان بهینه در شبکه برابر D_G می‌باشد که در آن مقدار هزینه نهایی و تقاضا برابر می‌باشد. در حالی که در صورتی که عوارضی اخذ نشود تقاضای

[1] *Walters*
[2] *Beckmann*
[3] *Dafermos*
[4] *Verhoef*
[5] *Yang*
[6] *Huang*
[7] *Average private Cost*
[8] *Marginal social Cost*

واقعی مقدار D_A خواهد بود. زیرا شخص فقط هزینه های شخصی خود را در نظر می‌گیرد و هزینه-هایی را که به واسطه ایجاد تراکم و ورود او به شبکه ایجاد می‌شود را در نظر نمی‌گیرد. دلیل مهندسی آن نیز همان اصل تعادل استفاده کننده می‌باشد.



شکل (۲-۱) تعداد سفر- هزینه سفر (نمودار).

همان‌طور که از شکل مشخص است، تقاضای واقعی D_A بیش از اندازه است. به دلیل اینکه D_A امین استفاده‌کننده فقط به اندازه D_AA از تسهیلات استفاده می‌برد اما به اندازه D_AM هزینه وارد می‌کند. جریان ترافیک اضافی بیشتر از مقدار D_G هزینه‌ای برابر با مساحت D_AMGD_G ایجاد می-کند اما تنها از تسهیلات به اندازه $DAAGDG$ بهره می‌برد. به عبارت دیگر می توان گفت مقداری از تسهیلات موجود به اندازه ناحیه AMG هدر رفته است. مقدار تقاضای کمتر از مقدار D_G نیز کمتر از مقدار بهینه است. بدلیل اینکه از امکانات و تسهیلات موجود به شکل کامل استفاده نشده است. بنابراین مقدار بهینه عوارضی که باید اخذ شود، برابر BG است. در این صورت مقدار منفعت اقتصادی که به وسیله ناحیه $BGET_B$ (مقدار کل منفعت کاربران منهای مقدار کل هزینه های اجتماعی) مشخص می‌شود مقدار حداکثر است. مهندسین علم اقتصاد معتقدند که مسافران معمولا هزینه‌هایی مانند هزینه تراکم و یا آلودگی و همچنین احتمال افزایش تصادفات که با ورود

آنها به شبکه حمل و نقل ممکن است ایجاد شود را در نظر نمی‌گیرند. به همین دلیل تئوری هزینه نهایی[1]بدین صورت بیان می‌شود که از استفاده کنندگان شبکه هزینه‌ای برابر با اختلاف بین هزینه نهایی اجتماعی[2] و هزینه نهایی خصوصی[3] به عنوان عوارض اخذ گردد.

استراتژی فوق به عنوان روش اولین – بهترین[4] شناخته می‌شود که البته اجرای آن اعتراض زیادی را در جامعه از سوی مردم در بر دارد اینگونه مسائل به سختی در واقعیت حل می شوند. مقاومتهای اجتماعی و سیاسی جهت اجرای این طرح از یک طرف، و هزینه بالای اجرای سیستم فوق در کل شبکه از سمت دیگر بر سختی های کار افزوده است. در جهت اصلاح وضع موجود، مدلهای دومین- بهترین[5] مطرح شد که تنها بر روی تعداد معدودی از کمانها عوارض وضع شده و از لحاظ اجرایی قابل قبول‌تر است.

۲-۲-۲- قیمت گذاری دومین- بهترین

در قیمت گذاری دومین- بهترین به دلیل اینکه قسمتی از شبکه راهها عوارضی شده، بیشتر مورد قبول جامعه بوده و بیشتر مورد توجه و استقبال قرار گرفته است.

با توجه مطالعه می[6] و میلن[7] در سال ۲۰۰۰ [۶] به طور عمده چهار روش اجرایی برای اخذ عوارض به صورت دومین بهترین وجود دارد.

- اخذ عوارض بر روی یک یا چند کمان خاص،
- اخذ عوارض بر روی کمربندی از کمانها،
- اخذ عوارض بر اساس مسافت پیموده شده در ناحیه‌ای خاص،
- اخذ عوارض بر اساس زمان سفر .

اولین مطالعات این روش به صورت بررسی شبکه های ساده با دو مسیر موازی دارای عوارض و بدون عوارض متمرکز بودند، مانند مطالعات مارچند[8] در سال ۱۹۶۸ و براد[9] در سال۱۹۹۶ و

[1] *Marginal cost*
[2] *Marginal social cost*
[3] *Marginal private cost*
[4] *First-best*
[5] *Second-best*
[6] *May*
[7] *Milne*
[8] *Marchand*
[9] *Braid*