دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی برق-کنترل

مدلسازی برخط و کنترل پیشرفته ترافیک در بزرگراه ها

به وسیله‌ی

پگاه خوارزمی

استاد راهنما:

دکتر سید علی اکبر صفوی

شهریور ۱۳۹۱

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب پگاه خوارزمی (۸۸۶۰۹۶) دانشجوی رشته‌ی مهندسی برق گرایش کنترل دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر اظهار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که پایان‌نامه و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه‌ی حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه‌ی مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام ونام خانوادگی: پگاه خوارزمی

تاریخ و امضاء: ۱۳۹۱/۸/۳

مدلسازی برخط و کنترل پیشرفته ترافیک در بزرگراه ها

به کوشش:

پگاه خوارزمی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی

از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی

مهندسی برق- کنترل

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه، با درجه‌ی: **عالی**

دکتر سید علی‌اکبر صفوی، استاد بخش مهندسی قدرت و کنترل (رئیس کمیته).....

دکتر فریدون شعبانی نیا، دانشیار بخش مهندسی قدرت و کنترل.....

دکتر مریم دهقانی، استادیار بخش مهندسی قدرت و کنترل.....

شهریورماه ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

و آنان که خالصانه در راه علم تلاش می کنند.

سپاسگزاری

اکنون که توانسته ام در راه شناخت تو قدمی را بردارم تو را سپاس می گویم. سپاس بی کران تو را که پدر و مادری چنین دلسوز را به من اعطا کردی تا بستر این راه را بر من هموار سازند. سپاس بسیار تو را که شمع هدایتت را در دست فرزانگانی سپردی که از علم و مهر آنان بهره جویم. موهبتت را در ادامه این مسیر نیز شامل این بنده حقیر بگردان.
اساتید فرزانه ام جناب آقای دکتر صفوی، جناب آقای دکترشعبانی نیا و سرکار خانم دکتر دهقانی، از اینکه دانش خود را خالصانه در اختیار من نهادید بینهایت سپاسگزارم.
پدر گرامی و مهربانم، مادر عزیز و صبورم، همواره خود را مدیون لطف بی اندازه شما دانسته و بر دستانتان بوسه می زنم.

چکیده

مدلسازی برخط و کنترل پیشرفته ترافیک در بزرگراه ها

به کوشش
پگاه خوارزمی

بحث ترافیک به دلیل ارتباط تنگاتنگ با مقوله های آلودگی هوا، مصرف سوخت، ایمنی و سلامتی انسانها از مباحث مورد توجه دنیای امروز به شمار می رود. اهمیت زیرساخت های ترافیکی و از جمله بزرگراه ها در هر کشور، با توجه به تأثیر به سزای این زیرساخت ها بر منابع مالی و انسانی بر هیچ کس پوشیده نیست. به همین دلیل با توجه به پیچیدگی سیستم ترافیک، در سالهای اخیر مدلسازی و کنترل جریان های ترافیکی در بزرگراهها مورد توجه ویژه محافل کنترل بوده است.

رفتار پیچیده و غیرخطی سیستم ترافیک، لزوم استفاده از ابزارهای توانمند مدلسازی را تشدید می نماید. در این راستا روش های مدلسازی متنوعی پیشنهاد شده است. از آنجا که هدف از مدلسازی سیستم ترافیک، به کار گیری مدل در اهداف کنترلی است و نیز از آنجا که سیستم های کنترل ترافیک هوشمند همگی وابسته به مدل هستند، دقت و سازگاری مدل با سیستم واقعی نخستین شرط کارایی کنترلر خواهد بود. فلذا اگر مدل ترافیک به هر دلیلی دستخوش تغییرات گردد نیاز به روز رسانی مدل اولین و حیاتی ترین گام در تضمین موفقیت کنترلر و جلوگیری از وقوع تراکم است.

در این پایان نامه ابتدا با به کار گیری روش های هوشمند مدل سازی بر مبنای شبکه های ویولت (ویونت) و استفاده از ابزار کاهش ابعاد داده اعم از آنالیز مؤلفه های اصلی، مدل جامعی از سیستم ترافیک ارائه می گردد. همچنین در ادامه، با استفاده از روش جدید آنالیز واریانس که آنووا نامیده می شود، شبکه بهینه ای برای مدلسازی بزرگراه ارایه می گردد که نسبت به روش پیشین کاهش چشمگیری در میزان محاسبات و ابعاد شبکه ایجاد می نماید. سپس با به کارگیری الگوریتم های به روز رسانی، مدل به دست آمده، بر مبنای داده های برخط ترافیکی به روز رسانی می گردد. ناکارآمدی مدل برون خطی و عملکرد مناسب مدل به روز رسانی شده در شرایط پیش بینی نشده ترافیکی، مورد مقایسه قرار می گیرند.

در ادامه، با توجه به اهمیت بحث کنترل، عملکرد مدل پیشنهادی به روز شده در ترکیب با کنترلر ALINEA و نیز کنترلر پیش بین مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج شبیه سازی، کارآمدی مدل به روز شده در کنترل جریان ترافیک با استفاده از محدودکننده فلو در بزرگراه مورد مطالعه را نشان می دهند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱-کلیات ۲

۱-۲-سیستم کنترل ترافیک ۵

۱-۲-۱- سنسورها ۷

۱-۲-۲- محرک ها ۱۲

فصل دوم: مروری بر کارهای انجام شده

۲-۱- مدلسازی ۱۴

۲-۱-۱- دسته بندی مدل های ترافیکی ۱۴

۲-۲- به روز رسانی و مدل های برخط ۲۴

۲-۲-۱- مدل METANET برخط ۲۴

۲-۲-۲- مدل شبکه عصبی برخط ۲۵

۲-۳- روش های کنترلی ۲۶

فصل سوم: مدل سازی با استفاده از شبکه ویولت

۳-۱- ویولت ها و آنالیز چند رزولوشنی ۳۱

۳-۱-۱- ساختار ویولت ها ۳۱

۳-۱-۲- ویونت ها و آموزش آنها ۳۲

۳-۱-۳- ویولت های چندبعدی ۳۶

۳-۲- شبکه ویولت در سیستم ترافیک ۳۷

۳-۳- آنالیز مؤلفه های اصلی ۳۸

۳-۴- مدلسازی با شبکه ویولت آنووا ۴۳

۳-۴-۱- بسط تابعی آنووا ۴۴

عنوان **صفحه**

۳-۴-۲- شبکه ویولت برش یافته درآنووا ۴۶
۳-۴-۲-۱- ساختار شبکه ۴۶
۳-۴-۲-۲- تعیین تعداد ترم های شبکه ۴۷
۳-۴-۲-۳- تشخیص ترم های مؤثر ۴۹
۳-۴-۳- روش حداقل مربعات رو به جلو و نسبت کاهش خطا ۵۰
۳-۴-۴- پیاده سازی الگوریتم بر روی شبکه ویولت ۵۳
۳-۵- یادگیری برخط ویونت ها ۵۴
۳-۵-۱- فرایند کلی یادگیری برخط ۵۴
۳-۵-۲- الگوریتم های یادگیری برخط ۵۹
۳-۵-۲-۱- الگوریتم یادگیری برخط L_2 ..... ۵۹
۳-۵-۲-۲- الگوریتم یادگیری برخط L_∞ ۶۰
۳-۵-۲-۲- الگوریتم یادگیری برخط لیاپانف ۶۰

فصل چهارم: کنترلر محدودکننده فلوی ورودی

۴-۱- دیاگرام بنیادی ۶۳
۴-۲- ایده محدودکننده فلوی ورودی ۶۵
۴-۳- الگوریتم های محدودکننده فلوی ورودی ۶۶
۴-۳-۱- الگوریتم ALINEA ۶۷
۴-۳-۲- الگوریتم کنترل پیشبین ۶۸

فصل پنجم: طراحی و شبیه سازی

۵-۱- مدلسازی سیستم ترافیک با ویونت و آنالیز مؤلفه های اصلی ۷۵
۵-۱-۱- شبیه سازی ۷۶
۵-۱-۲- سیستم جمع آوری داده پمز ۷۷
۵-۱-۳- مطالعه موردی ۸۲
۵-۱-۴- مدلسازی بزرگراه با ویونت و PCA ۸۳
۵-۱-۵- بحث و نتیجه گیری ۹۳
۵-۲- مدلسازی با شبکه ویونت بر پایه آنووا و نسبت کاهش خطا ۹۳
۵-۳- بحث و نتیجه گیری ۱۰۳
۵-۴- مدلسازی برخط سیستم ترافیک بزرگراه ۱۰۴

عنوان **صفحه**

۵-۴-۱- الگوریتم یادگیری برخط L_2 برا ی سیستم ترافیک ۱۰۴
۵-۴-۲- الگوریتم یادگیری برخط لیاپانف برای سیستم ترافیک ۱۱۰
۵-۵- بحث و نتیجه گیری ۱۱۳
۵-۶- کنترل بزرگراه با استفاده از الگوریتم ALINEA ۱۱۴
۵-۶-۱- پیاده سازی کنترلر ALINEA روی ورودی قطعه دوم ۱۱۷
۵-۶-۲- پیاده سازی کنترلر ALINEA روی ورودی قطعه چهارم ۱۲۳
۵-۶-۳- پیاده سازی همزمان کنترلر ALINEA روی ورودی
قطعه دوم، چهارم و پنجم ۱۲۸
۵-۷- کنترل بزرگراه با استفاده از الگوریتم کنترل پیشبین ۱۳۲

فصل ششم: جمع بندی و پیشنهادات

۶-۱- جمع بندی ۱۴۲
۶-۲- پیشنهادات ۱۴۶

فهرست مراجع ۱۴۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۵-۱-: بخشی از تست های روزانه ی سیستم پمز
بر روی آشکارسازها و تشخیص متناظر با آنها ۸۰
جدول ۵-۲- معیار خطای NRMSE برای سرعت و چگالی قطعات
با مدل ویونت و PCA در رزولوشن m=0 ..... ۸۹
جدول ۵-۳- معیار خطای NRMSE برای سرعت و چگالی قطعات
با مدل ویونت و PCA در رزولوشن m=-1 ..... ۹۲
جدول ۵-۴- پیچیدگی محاسباتی ویونت ۸ بعدی در رزولوشن های مختلف ۹۳
جدول ۵-۵- تعداد ویولت های تک بعدی موجود در رزولوشن های مختلف ۹۵
جدول ۵-۶- تعداد ویولت های دو بعدی موجود در رزولوشن های مختلف ۹۵
جدول ۵-۷- معیار خطای NRMSE برای سرعت و چگالی قطعات
با مدل ویونت آنووا و نسبت کاهش خطا با حد قطع 10^{-3} ۹۹
جدول ۵-۸- تعداد جملات ویولت در مدل نهایی با استفاده از آنووا
و نسبت کاهش خطا 10^{-3} ۹۹
جدول ۵-۹- معیار خطای NRMSE برای سرعت و چگالی قطعات
با مدل ویونت آنووا و نسبت کاهش خطا با حد قطع 10^{-2} ۱۰۲
جدول ۵-۱۰- تعداد جملات ویولت در مدل نهایی با استفاده از
آنووا و نسبت کاهش خطا با حد قطع 10^{-2} ۱۰۲
جدول ۵-۱۱- مقایسه عملکرد کنترلر ALINEA و MPC ۱۴۰

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- نمودار تراکم ۲
شکل ۱-۲- ترافیک متراکم آتلانتای آمریکا ۴
شکل ۱-۳- رشد تقاضا برای استفاده از بزرگراهها در آمریکا تا سال ۲۰۱۰ ..... ۵
شکل ۱-۴- شماتیک حلقه کنترل برای کنترل سیستم ترافیک ۶
شکل ۱-۵- حلقه های القایی تعبیه شده در زیر سطح آسفالت جاده ۸
شکل ۱-۶- نمایش شماتیکی حلقه های القایی در بزرگراه با فرم تک حلقه ای
(سمت چپ) و فرم دو حلقه ای (سمت راست) ۹
شکل ۱-۷- دوربین ترافیکی نصب شده در ارتفاع مناسب نسبت به سطح جاده ۹
شکل ۱-۸- نمایی از یک بزرگراه که توسط دوربین ترافیکی ضبط شده است ۱۰
شکل ۱-۹- نصب ساده سیستم تشخیص نیوماتیکی ۱۰
شکل ۱-۱۰- انتقال داده ها به پایگاه مرکزی ۱۱
شکل ۲-۱- نمایی از نرم افزار مدلسازی میکروسکوپیک Transmodeler ۱۷
شکل ۲-۲- نمایی از نرم افزار مدلسازی ماکروسکوپیک ۱۸
شکل ۳-۲- گسسته سازی قسمتی از بزرگراه ۱۹
شکل ۲-۴- تقسیم مسیر به قطعات ۲۱
شکل ۲-۵ وجود ورودی در مسیر بزرگراه ۲۱
شکل ۲-۶ توصیف گرافیکی بزرگراه ۲۱
شکل ۲-۷ کنترل فازی در محدودکننده فلوی ورودی ۲۷
شکل ۳-۱- یک شبکه ی ویونت ۳۳
شکل ۳-۲- الگوریتم کلی فرایند به روزرسانی در مدل های مبتنی بر ویونت ۵۸
شکل ۴-۱- دیاگرام بنیادی فلو-چگالی ۶۴
شکل ۴-۲- یک سیستم محدودکننده ی فلوی ورودی ۶۵
شکل ۴-۳- نمایی از کنترلر محدود کننده فلوی ورودی ۶۶

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۴- نمایی از ایده ی کنترل پیشبین ۷۰
شکل ۴-۵- نمایی از الگوریتم پیشبین در ساختار محدودکننده ی فلوی ورودی ۷۳
شکل ۵-۱- چارچوب مدلسازی ترافیک بزرگراه با ویونت و PCA ۷۶
شکل ۵-۲- تشخیص صحت آشکارسازها در سیستم پمز ۸۰
شکل ۵-۳- داده های زمان حقیقی در سیستم پمز ۸۱
شکل ۵-۴- پایگاه داده های بزرگراه ها در سیستم پمز ۸۱
شکل ۵-۵- موقعیت بزرگراه I10 در لس آنجلس ۸۲
شکل ۵-۶- موقعیت قسمتی از بزرگراه I10 ..... ۸۲
شکل ۵-۷- تقسیم بندی بزرگراه به قطعات ۵۰۰ تا ۷۰۰ متری ۸۳
شکل ۵-۸- میزان واریانس داده ها در مؤلفه های اصلی ۸۴
شکل ۵-۹- پراکندگی متغیرها و نمونه ها پیرامون دو مؤلفه ی اصلی ۸۵
شکل ۵-۱۰- تابع Mexican hat ۸۶
شکل ۵-۱۱- تخمین چگالی قطعات ۱ تا ۵ با استفاده از مدل ویونت و PCA
در رزولوشن m=0 ..... ۸۷
شکل ۵-۱۲- تخمین سرعت متوسط قطعات ۱ تا ۵ با استفاده از مدل ویونت
و PCA در رزولوشن m=0 ..... ۸۸
شکل ۵-۱۳- تخمین چگالی قطعات ۱ تا ۵ با استفاده از مدل ویونت و PCA
در رزولوشن m=-1 ..... ۹۰
شکل ۵-۱۴- تخمین سرعت متوسط قطعات ۱ تا ۵ با استفاده از مدل ویونت
و PCA در رزولوشن m=-1 ..... ۹۱
شکل ۵-۱۵- تخمین چگالی قطعات ۱ تا ۵ با استفاده از مدل ویونت آنووا
و نسبت کاهش خطا با حد قطع 10^{-3} ۹۷
شکل ۵-۱۶- تخمین سرعت متوسط قطعات ۱ تا ۵ با استفاده از مدل ویونت آنووا
و نسبت کاهش خطا با حد قطع 10^{-3}. ۹۸
شکل ۵-۱۷- تخمین چگالی قطعات ۱ تا ۵ با استفاده از مدل ویونت آنووا
و نسبت کاهش خطا با حد قطع 10^{-2}. ۱۰۰
شکل ۵-۱۸- تخمین سرعت متوسط قطعات ۱ تا ۵ با استفاده از مدل ویونت
آنووا و نسبت کاهش خطا با حد قطع 10^{-2}. ۱۰۱
شکل ۵-۱۹- چگالی قطعه ۱. مقایسه مدل برون خطی و برخط
با روش L_2 با طول پنجره ۳۰، ۶۰، ۳۶۰ ..... ۱۰۵

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۲۰- چگالی قطعه ۲. مقایسه مدل برون خطی و برخط
با روش L_2 با طول پنجره ۳۰، ۶۰، ۳۶۰ ..... ۱۰۶
شکل ۵-۲۱- چگالی قطعه ۳. مقایسه مدل برون خطی و برخط
با روش L_2 با طول پنجره ۳۰، ۶۰، ۳۶۰ ..... ۱۰۷
شکل ۵-۲۲- چگالی قطعه ۴. مقایسه مدل برون خطی و برخط با روش L_2
با طول پنجره ۳۰، ۶۰، ۳۶۰ ..... ۱۰۸
شکل ۵-۲۳- چگالی قطعه ۵. مقایسه مدل برون خطی و برخط با روش L_2
با طول پنجره ۳۰، ۶۰، ۳۶۰ ..... ۱۰۹
شکل ۵-۲۴- چگالی قطعه ۱. مقایسه مدل برون خطی و برخط
با روش لیاپانف ۱۱۱
شکل ۵-۲۵- چگالی قطعه ۲. مقایسه مدل برون خطی و برخط با روش لیاپانف ۱۱۱
شکل ۵-۲۶- چگالی قطعه ۳. مقایسه مدل برون خطی و برخط با روش لیاپانف ۱۱۲
شکل ۵-۲۷- چگالی قطعه ۴. مقایسه مدل برون خطی و برخط با روش لیاپانف ۱۱۲
شکل ۵-۲۸- چگالی قطعه ۵. مقایسه مدل برون خطی و برخط با روش لیاپانف ۱۱۲
شکل ۵-۲۹- چگالی کنترل نشده قطعات ۱ تا ۵ ..... ۱۱۵
شکل ۵-۳۰- سرعت متوسط کنترل نشده قطعات ۱تا۵ ..... ۱۱۶
شکل ۵-۳۱ چگالی،صف،نرخ محدودیت ورودی دوم مدل برون خطی ۱۱۸
شکل ۵-۳۲- چگالی قطعه ی دوم.مدل برون خطی در مقایسه با مقدار واقعی ۱۱۹
شکل ۵-۳۳- چگالی،صف،نرخ محدودیت ورودی دوم مدل برخط.
سمت راست مربوط به حالت کنترل شده (اعمال ALINEA به ورودی ۲)
و سمت چپ کنترل نشده است ۱۲۰
شکل ۵-۳۴- چگالی قطعات ۱و۳و۵ برخط. سمت راست کنترل شده
(اعمال ALINEA به ورودی ۲) و سمت چپ کنترل نشده است. ۱۲۱
شکل ۵-۳۵- چگالی،صف،نرخ محدودیت ورودی دوم مدل برخط
با سیاست سوییچ بر روی کنترلر ALINEA برای طول صف ۱۲۲
شکل ۵-۳۶- سیگنال کنترل در بازه ی ساعت ۶ تا ۹ صبح ۱۲۳
شکل ۵-۳۷- چگالی قطعه ی چهارم.مدل برون خطی در مقایسه با مقدار واقعی ۱۲۳
شکل ۵-۳۸- چگالی،صف،نرخ محدودیت ورودی چهارم مدل برون خطی.
سمت راست مربوط به حالت کنترل شده (اعمال ALINEA به ورودی ۴)
و سمت چپ کنترل نشده است ۱۲۴

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۳۹- چگالی،صف،نرخ محدودیت ورودی۴ مدل برخط.سمت راست
بااعمال ALINEA به ورودی۴و سمت چپ کنترل نشده است ۱۲۶
شکل ۵-۴۰- چگالی قطعات ۱و۳و۵ برخط.سمت راست کنترل شده
(اعمال ALINEA به ورودی ۴)و سمت چپ کنترل نشده است ۱۲۷
شکل ۵-۴۱- چگالی،صف،نرخ محدودیت ورودی چهارم مدل برخط با سیاست سوییچ
بر روی کنترلر ALINEA برای طول صف ۱۲۸
شکل ۵-۴۲- چگالی قطعات ۱و۲و۳ برخط.سمت راست حالت کنترل شده
(اعمال همزمان ALINEA به ورودی ۲و۴و۵) و سمت چپ حالت کنترل نشده است. ۱۲۹
شکل ۵-۴۳- چگالی قطعات ۴و۵ برخط. سمت راست حالت کنترل شده
(اعمال همزمان ALINEA به ورودی ۲و۴و۵) و سمت چپ حالت کنترل نشده است ۱۳۰
شکل ۵-۴۴- طول صف (در چپ) و سیگنال کنترل ALINEA (در راست)
در قطعات ۲و۴و۵. ..... ۱۳۱
شکل ۵-۴۵- چگالی قطعات ۱و۲و۳ برخط. سمت راست حالت کنترل شده
(اعمال MPC به ورودی ۲) ,سمت چپ حالت کنترل نشده است. ۱۳۳
شکل ۵-۴۶- چگالی قطعات ۴و۵ برخط.سمت راست حالت کنترل شده
(اعمال MPC به ورودی ۲), سمت چپ حالت کنترل نشده. ۱۳۴
شکل ۵-۴۷- طول صف و فرمان کنترل در ورودی ۲ ..... ۱۳۴
شکل ۵-۴۸- چگالی قطعات ۱و۲و۳ برخط.سمت راست حالت کنترل شده
(اعمال MPC به ورودی ۴) ,سمت چپ حالت کنترل نشده است. ۱۳۵
شکل ۵-۴۹- چگالی قطعات ۴و۵ برخط. سمت راست حالت کنترل شده
(اعمال MPC به ورودی ۴) , سمت چپ حالت کنترل نشده. ۱۳۶
شکل ۵-۵۰- طول صف و فرمان کنترل در ورودی ۴ ..... ۱۳۶
شکل ۵-۵۱- چگالی قطعات ۱و۲و۳ برخط. سمت راست حالت کنترل شده
(اعمال همزمان MPC به ورودی ۲و۴و۵) , سمت چپ حالت کنترل نشده..... ۱۳۷
شکل ۵-۵۲- چگالی قطعات ۴و۵ برخط. سمت راست حالت کنترل شده
(اعمال MPC به ورودی ۲و۴و۵) , سمت چپ کنترل نشده ۱۳۸
شکل ۵-۵۳- طول صف و فرمان کنترل در ورودی ۲و۴و۵ ..... ۱۳۹

فهرست اختصارات

ABBREVIATION	MEANING
MPC	Model Predictive Control
PCA	Principle Component Analysis
ERR	Error Reduction Ratio
MLP	Multi Layer Perceptron
SVD	Singular Value Decomposition
ATMS	Advanced Traffic Management System
ISA	Intelligent Speed Adaptation System
PeMS	Performance Measurment System
PATH	partnerrship for Advanced Technology on the Highways

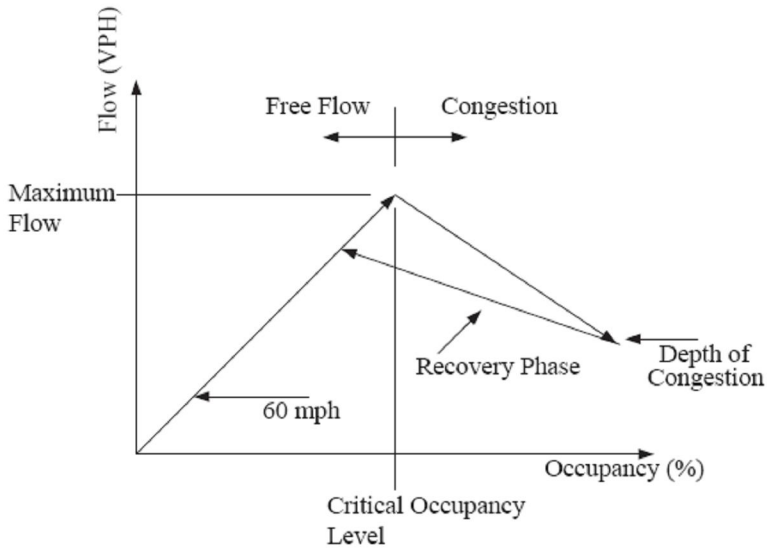
فصل اول

مقدمه

۱-۱- کلیات

امروزه اهمیت روز افزون مباحث کنترل ترافیک بر کسی پوشیده نیست. بحث ترافیک به دلیل ارتباط تنگاتنگ با مقوله های آلودگی هوا، مصرف سوخت، ایمنی و سلامتی انسانها و نیز زمان از مباحث مورد توجه دنیای امروز به شمار می رود. در بین بسترهای گوناگون ترافیکی، بزرگراهها و اتوبانها ذاتاً به عنوان ساختارهای دارای ظرفیت بالا که امکان حمل و نقل آسان در سرعت بالا را فراهم می کنند شناخته می شوند. اما به دلیل افزایش تعداد وسایل نقلیه و نیز افزایش تقاضا برای استفاده از ظرفیت موجود، تراکم ترافیک به خصوص در شهرهای بزرگ به مسئله ای اجتناب ناپذیر تبدیل شده است. ایجاد تراکم در بزرگراهها و اتوبان ها، موجب کاهش راندمان این زیرساخت ها می شود. این امر سبب عدم استفاده بهینه از ظرفیت این ساختارها خصوصاً در زمان های مورد نیاز (ساعات اوج ترافیک) می گردد.

شکل ۱-۱ به خوبی نشان می دهد که چگونه تحت شرایط تراکم، کارایی زیرساختها افت می یابد [1].



شکل ۱-۱- نمودار تراکم [1]

گرچه آمارهای دقیقی در ایران موجود نیست ولی بطور نمونه بـر اسـاس گـزارش رسـمی دولت آمریکا در سال ۲۰۰۸، تراکم ترافیک در برخی نواحی شهری آمریکا، سبب ۲۰۰ میلیـارد دلار خسارت مالی ، اتلاف ۷,۳ میلیارد ساعت وقت، مصرف ۱۱ میلیارد لیتـر سـوخت اضـافی و متناسباً افزایش آلودگی شده است [2]. بر طبق این گـزارش، درآمریکـا، رشـد حجـم ترافیـک بزرگراهها در طول یک دهه (۱۹۸۷-۱۹۹۷) ۳۳ درصد و افزایش ظرفیت راههای ایـن کـشور از طریق ساخت و ساز تنها ۲ در صد بوده است! هزینه ساخت بزرگراههـا تقریبـا بـین ۶۰۰ هـزار دلار تا یک میلیون دلار بازای هر لایـن- کیلـو متـر در آن کـشور و حـدود ۳۰۰-۵۰۰ میلیـون تومان در ایران می باشد. دولت آمریکا با به کارگیری فناوری و هوشمندسازی سیستم ترافیـک، در صدد است تا با هزینه ای اندک تا ۲۵٪ ظرفیت ها ی حمل و نقل را افزایش دهد.

بر اساس آمار مرکـز تحقیقـات حمـل و نقـل دربخـشی از بزرگراههـای آمریکـا، بـا اسـتفاده از سیستم های هوشمند ترافیک نتایج زیر حاصل شده است [3]:

- افزایش بازده بزرگراه ها تا ۹ درصد و هنگام اوج ترافیک تا ۱۴ درصد.
- کاهش سالانه ۱۰۴۱ واحد از آمار تصادفات.

کارایی این روشها امری بسیار مشهود می باشد. این امر با منافع و شـدت بـسیار بیـشتری در کشور ما قابل پیاده سازی است.

حمل و نقل کارا، پاک و ایمن کالا و انسان که سبب کاهش آلودگی و صرفه جـویی در زمـان، مصرف سوخت و هزینه می گردد مستلزم استفاده بهینه از ساختارها بـا اتخـاذ اسـتراتژی هـای مناسب است. بخشی از این استراتژی ها نیازمند تغییر و بهبود زیرساختهای عمرانی و در نتیجه برنامه ریزی های زمان بر است و لذا با وضعیت شهری موجود بـه راحتـی قابـل پیـاده سـازی و بهره برداری نمی باشد. در ادامه بخشی از راهکارهای ارائه شده جهت این امر آورده شـده اسـت [1].

- یکی از راهکارها ایجاد جاده های جدید و افزایش زیر ساخت های درون شهری اسـت. ایـن روش اگرچه در نگاه اول کارا به نظر می رسد بسیار هزینه بر اسـت. بـا توجـه بـه رشـد زیـاد و پیوسته حجم ترافیک در شهرهای بزرگ، امکان ساخت زیر ساخت های متناسب با ایـن رشـد، تقریباً غیر ممکن است. همچنین در ساعات غیر از اوج ترافیک، عدم استفاده کامـل از ظرفیـت ساختارهای اضافه شده سبب هدر رفتن سرمایه می گردد. به علاوه و با فرض عملی بـودن ایـن روش، بالا بردن ظرفیت در یک مکان باعث انتقال تراکم به نقطه دیگر می شود.
- راهکار دوم ایجاد عوارض عبور و مرور در جاده های پر تراکم است. اگر چه این روش توسط بسیاری از کارشناسان اقتصادی مؤثر شناخته شده است، پیاده سازی آن در بـسیاری شـهرها و مکانها غیر ممکن یا مستلزم جلب رضایت عمومی است. نـوع دیگـر ایـن روش اعمـال عـوارض جاده ای تنها در طول ساعات اوج ترافیک می باشد.