

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مجل  
MRTsoft

٢٠١٦

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI  
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی - گروه مهندسی عمران

## ظرفیت راه‌های دو خطه دو طرفه برون شهری ایران روش کار پرداخت و تعیین همسنگ سواری

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد گرایش برنامه ریزی حمل و نقل

شروین شهراد

استاد راهنما:

دکتر بهنام امینی

شهریور 1390

کاروان رفت و تو در خواب و بیابان در پیش

کی روی راه، ز که پرسی، چه کنی، چون باشی؟

در راه منزل لیبی که خطر باست در آن

شرط اول قدم آن است که مجنون باشی

«حافظ»

## چکیده

بخش عمده‌ای از راه‌های کشور به صورت دو خطه دو طرفه است، که امکان سبقت‌گیری در جهت مقابل حرکت فراهم می‌گردد. ظرفیت این راه‌ها یک پارامتر مهم در طراحی و بهره‌برداری آنهاست. ابعاد بزرگ وسایل نقلیه سنگین و عملکرد ضعیف‌تر آنها باعث ایجاد تغییرات شدیدی در ظرفیت و سطح سرویس راه‌ها، خصوصاً در شیب می‌شود. برای اعمال تاثیر این قبیل وسایل نقلیه بر کیفیت سرویس و ظرفیت راه از مفهوم همسنگ سواری استفاده می‌شود. در این تحقیق با بررسی روش‌های متفاوت تعیین ضریب همسنگ سواری از دو روش اختلاف سرعت و روش سرفاصله استفاده شده است.

برای انجام عملیات آمارگیری، ۹ محور در شرایط جغرافیایی، آب و هوایی، توپوگرافی و حجمی متفاوت انتخاب گردیدند. پارامترهای برداشت شده از این محورهای شامل متغیرهای حجم، سرعت، درصد حضور وسایل نقلیه سنگین و پلان و پروفیل طولی مسیر می‌باشد. برای برداشت متغیرهای ترافیکی از روش اتومبیل شناور استفاده شد و متغیرهای هندسی نیز به وسیله دستگاه GPS برداشت شدند.

در این تحقیق، علاوه بر استفاده از گروه‌بندی سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، وسایل نقلیه در یک گروه بندی پیشنهادی طبقه بندی شدند. سپس، ضریب همسنگ سواری به دو روش محاسبه و نتایج با یکدیگر مقایسه می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد، که ضرایب کشور ایران به صورت کلی از ضرایب پیشنهادی آیین‌نامه ظرفیت راه‌ها کمتر است. این تفاوت با افزایش شیب، افزایش می‌یابد.

تفاوت در میزان تناژ بارگیری، حرکت وسایل نقلیه سنگین به صورت یکسر بار، ابعاد کوچکتر وسایل نقلیه سنگین در ایران نسبت به آمریکا و مواردی از این قبیل باعث تفاوت‌های اساسی در عملکرد و خصوصاً سرعت وسایل نقلیه در ایران و ایالات متحده می‌باشد. از طرف دیگر، ویژگی‌های رفتاری رانندگان وسایل نقلیه سواری و سنگین در رانندگی در سرعت‌های بالا، عدم رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی و حقوق سایر رانندگان، پذیرفتن سرفاصله‌های کمتر و همچنین، پارامترهایی چون نرخ سبقت، از علل اصلی این تفاوت میان ضرایب می‌باشد.

**کلید واژه:** راه‌های دو خطه، وسیله نقلیه سنگین، همسنگ سواری.

## فصل اول: کلیات

- ۱-۱- مقدمه ..... ۲
- ۲-۱- تعریف مسئله ..... ۳
- ۳-۱- ضرورت و اهمیت موضوع ..... ۴
- ۴-۱- فرضیات تحقیق ..... ۵
- ۵-۱- محدودیت‌های تحقیق ..... ۵
- ۶-۱- روش و متدولوژی تحقیق ..... ۶
- ۷-۱- ساختار پایان نامه ..... ۶

## فصل دوم: بررسی سوابق مطالعاتی

- ۱-۲- مقدمه ..... ۹
- ۲-۲- انواع روش‌های برآورد همسنگ سواری ..... ۱۰
- ۳-۲- همسنگ سواری در آیین نامه ظرفیت راه‌ها ..... ۱۸
- ۱-۳-۲- همسنگ سواری در HCM۶۵ ..... ۱۹
- ۲-۳-۲- همسنگ سواری در HCM۸۵ ..... ۱۹
- ۳-۳-۲- همسنگ سواری در HCM۹۴ و HCM۹۷ ..... ۲۰
- ۴-۳-۲- همسنگ سواری در HCM۲۰۰۰ ..... ۲۰
- ۵-۳-۲- همسنگ سواری در HCM۲۰۱۰ ..... ۲۴
- ۴-۲- همسنگ سواری در سایر کشورها ..... ۲۵
- ۵-۲- مطالعات انجام شده در کشور ایران ..... ۲۹
- ۱-۵-۲- آیین نامه طرح هندسی راه ..... ۲۹
- ۲-۵-۲- سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای ..... ۳۰
- ۳-۵-۲- پایان‌نامه «ظرفیت جاده‌های دوخطه برون شهری در کشور ایران» ..... ۳۱

۳۴	۶-۲- جمع بندی
	فصل سوم: انواع مدل‌های همسنگ سواری
۳۶	۱-۳- مقدمه
۳۶	۲-۳- برآورد همسنگ سواری بر اساس تعداد سبقت
۳۷	۳-۳- برآورد همسنگ سواری بر اساس تاخیر
۳۸	۴-۳- مدل هابر
۴۰	۵-۳- مدل سامنر
۴۲	۶-۳- مدل دمارچی
۴۳	۷-۳- پژوهش ون آرده
۴۳	۱-۷-۳- برآورد ضریب همسنگ سواری بر اساس سرعت
۴۴	۲-۷-۳- برآورد همسنگ بر اساس زنجیره وسایل نقلیه
۴۶	۸-۳- محاسبه همسنگ سواری بر اساس سرفاصله
۴۷	۹-۳- محاسبه همسنگ سواری توسط مدل‌های شبیه سازی
۴۸	۱۰-۳- مدل چاندرا
۴۹	۱۱-۳- مدل همسنگ سواری در آیین نامه‌های مختلف
۴۹	۱-۱۱-۳- مدل همسنگ سواری در HCM سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰
۵۱	۲-۱۱-۳- مدل همسنگ سواری در آیین نامه اندونزی
۵۱	۱-۲-۱۱-۳- ضریب همسنگ سواری بر اساس سرعت
۵۲	۲-۲-۱۱-۳- برآورد ضریب همسنگ سواری با استفاده از اطلاعات میدانی
۵۲	۳-۲-۱۱-۳- ضریب همسنگ سواری بر اساس ظرفیت

۱۲-۳- جمع بندی و نتیجه گیری ..... ۵۳

#### فصل چهارم: روش شناسی تحقیق و جمع آوری آمار و اطلاعات

۱-۴- مقدمه ..... ۶۲

۲-۴- روش شناسی تحقیق ..... ۶۲

۳-۴- گروه بندی وسایل نقلیه ..... ۶۳

۴-۴- آمار برداری ..... ۶۸

۴-۴-۱- روش ها و تجهیزات آمار برداری ..... ۶۹

۴-۴-۲- انتخاب روش آمار برداری ..... ۷۴

۴-۴-۳- انتخاب محورهای آماری ..... ۷۵

۵-۴- برداشت آمار و اطلاعات ..... ۷۸

#### فصل پنجم: تجزیه و تحلیل اطلاعات

۱-۵- مقدمه ..... ۸۵

۲-۵- روش اختلاف سرعت ..... ۸۵

۵-۲-۱- محاسبه ضریب تصحیح شیب ..... ۸۶

۵-۲-۲- ترسیم نمودار سرعت - جریان ..... ۸۶

۳-۵- روش سرفاصله ..... ۹۱

۴-۵- مقایسه نتایج ..... ۹۵

۵-۵- مقایسه ضرایب محاسبه شده با ضرایب آیین نامه ظرفیت راهها ..... ۹۸

#### فصل ششم: جمع بندی و نتیجه گیری

۱-۶- مقدمه ..... ۱۰۸

۲-۶- نتایج ضرایب همسنگ سواری ..... ۱۰۸

۳-۶- ضرایب همسنگ سواری ..... ۱۱۱

۵-۶- پیشنهاد برای مطالعات بعدی ..... ۱۲۰

## فهرست جداول

- جدول ۱-۲ ضرایب اتومبیل همسنگ سواری ارائه شده توسط مطالعات کانگین برای کامیون..... ۱۱
- جدول ۲-۲ ضرایب اتومبیل همسنگ سواری برای کامیون، اتوبوس و ..... ۱۹
- جدول ۳-۲ ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی آیین نامه ظرفیت راه ها در شیبهای عمومی..... ۲۲
- جدول ۴-۲ ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی آیین نامه ظرفیت راه ها در شیبهای عمومی ..... ۲۲
- جدول ۵-۲ بخشی از ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی آیین نامه ظرفیت راه ها برای کامیون در..... ۲۳
- جدول ۶-۲ ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی آیین نامه ظرفیت راه ها در سرپایینی های تند برای ..... ۲۳
- جدول ۷-۲ ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی آیین نامه ظرفیت راه ها در شیبهای عمومی برای..... ۲۴
- جدول ۸-۲ بخشی از ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی آیین نامه ظرفیت راه ها برای کامیون..... ۲۵
- جدول ۹-۲ ضرایب همسنگ سواری وسایل نقلیه در آیین نامه بریتانیا (۱۹۶۵)..... ۲۶
- جدول ۱۰-۲ مقادیر همسنگ سواری بر اساس سرعت و با استفاده از اطلاعات میدانی و مدل..... ۲۷
- جدول ۱۱-۲ مقادیر همسنگ سواری پیشنهادی در جاده های برون شهری کشور چین ..... ۲۸
- جدول ۱۲-۲ ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی آیین نامه طرح هندسی راه برای کامیون و..... ۲۹
- جدول ۱۳-۲ مقادیر پیشنهادی سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای، برای ضرایب ..... ۳۰
- جدول ۱۴-۲ سرفاصله زمانی و معادل اتومبیل سواری برای کامیون و اتوبوس در منطقه هموار..... ۳۲
- جدول ۱۵-۲ ضرایب همسنگ سواری به دست آمده از روش (۱) به تفکیک نوع وسیله و نوع منطقه..... ۳۳
- جدول (۱-۳) ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی ون آرده بر اساس میزان کاهش سرعت ..... ۴۴
- جدول ۲-۳ ضرایب همسنگ سواری پیشنهادی ون آرده، بر اساس وسایل نقلیه دنباله رو در زنجیره ..... ۴۶
- جدول ۳-۳ بررسی نقاط ضعف و قوت روش های محاسبه همسنگ سواری ..... ۵۷
- جدول ۱-۴ گروه بندی وسایل نقلیه در بانکوک ..... ۶۴
- جدول ۲-۴ گروه بندی وسایل نقلیه در بنگلادش ..... ۶۵
- جدول ۳-۴ گروه بندی وسایل نقلیه در کشور هند..... ۶۵
- جدول ۴-۴ متوسط سهم وسایل نقلیه مختلف از کل حجم تردد ترافیک و ضریب همسنگ سواری..... ۶۶
- جدول ۵-۴ گروه بندی پیشنهادی وسایل نقلی توسط پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری..... ۶۷
- جدول ۶-۴ سهم و سرعت متوسط وسایل نقلیه در ایستگاه های شمارش حجم سازمان راهداری و ..... ۶۷



- جدول ۴-۷ فرم نمونه برای استخراج اطلاعات فیلم به تفکیک گروه بندی پیشنهادی ..... ۸۱
- جدول ۴-۸ فرم نمونه برای استخراج اطلاعات فیلم به تفکیک گروه بندی سازمان راهداری ..... ۸۲
- جدول ۴-۹ حجم عبور وسایل نقلیه در محور گچسر-آدران به تفکیک گروه بندی پیشنهادی ..... ۸۳
- جدول ۴-۱۰ حجم عبور وسایل نقلیه محور گچسر-آدران به تفکیک گروه بندی سازمان راهداری ..... ۸۳
- جدول ۵-۱ نتایج تست های آماری نمودار شکل (۵-۱-الف) ..... ۹۰
- جدول ۵-۲ روابط کالیبره شده همسنگ سواری در شرایط توپوگرافی مختلف برای ..... ۹۰
- جدول ۵-۳ روابط کالیبره شده همسنگ سواری در شرایط توپوگرافی مختلف برای وسایل نقلیه ..... ۹۱
- جدول ۵-۴ ضرایب همسنگ سواری محاسبه شده به روش سرفاصله از فیلم های گرفته شده ..... ۹۳
- جدول ۵-۵ ضرایب همسنگ سواری محاسبه شده به روش سرفاصله از شناسگرهای سازمان راهداری ..... ۹۵
- جدول ۵-۶ مقایسه درصد وسایل نقلیه سنگین در ایران و آمریکا ..... ۹۸
- جدول ۵-۷ ضریب همسنگ سواری کامیون در ایران ..... ۹۹
- جدول ۵-۸ ضریب همسنگ سواری کامیون در ایران با معادل سازی ناوگان ..... ۱۰۰
- جدول ۵-۹ جدول همسنگ همسنگ سواری در مناطق توپوگرافی مختلف ..... ۱۰۱
- جدول ۵-۱۰ ضریب همسنگ همسنگ سواری در ایران نسبت به آمریکا در شرایط توپوگرافی متفاوت ..... ۱۰۲
- جدول ۵-۱۱ ضریب همسنگ سواری معادل سازی شده کامیون در شرایط توپوگرافی متفاوت ..... ۱۰۳
- جدول ۶-۱ نتایج ضریب همسنگ سواری برای شرایط هموار ..... ۱۰۹
- جدول ۶-۲ نتایج ضریب همسنگ سواری برای شرایط تپه ماهور ..... ۱۰۹
- جدول ۶-۳ نتایج ضریب همسنگ سواری برای شرایط خاص شیب ۵/۵ تا ۶/۵ ..... ۱۱۰
- جدول ۶-۴ ضریب همسنگ سواری در شرایط هموار ..... ۱۱۲
- جدول ۶-۵ ضریب همسنگ سواری در شرایط هموار ..... ۱۱۲
- جدول ۶-۶ ضریب همسنگ سواری در شرایط تپه ماهور ..... ۱۱۳
- جدول ۶-۷ ضریب همسنگ سواری در شرایط تپه ماهور ..... ۱۱۳
- جدول ۶-۸ ضریب همسنگ سواری یک قسمتی در شیب های خاص ۱۱۴
- جدول ۶-۹ ضریب همسنگ سواری دو قسمتی در شیب های خاص ..... ۱۱۵
- جدول ۶-۱۰ ضریب همسنگ سواری کامیون دو محور سبک و مینی بوس در شیب های خاص ..... ۱۱۶
- جدول (۶-۱۱) ضریب همسنگ سواری کامیون دو و سه محور در شیب های خاص ..... ۱۱۷
- جدول (۶-۱۲) ضریب همسنگ سواری اتوبوس در شیب های خاص ..... ۱۱۸
- جدول ۶-۱۳ ضریب همسنگ سواری کامیون چهار محور و بیشتر در شیب های خاص ..... ۱۱۹

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ مدل فازی برای محاسبه همسنگ سواری ..... ۱۶
- شکل ۲-۲ مدل شبکه عصبی برای محاسبه ضریب همسنگ سواری اتوبوس ..... ۱۶
- شکل ۳-۲ تغییرات معادل سواری برای کامیون برای منطقه هموار، تپه ماهوری و کوهستانی ..... ۳۳
- شکل (۱-۳) نمودار شماتیک محاسبه نرخ تردد به روش هابر ..... ۳۹
- شکل (۲-۳) نمودار شماتیک محاسبه نرخ تردد به روش سامنر ..... ۴۱
- شکل (۳-۳) نمودار سرعت بر حسب مجموع نرخ تردد دو طرف در جاده‌های دو خطه ..... ۵۰
- شکل (۴-۳) نمودار درصد زمان دنباله‌روی - جریان در ترافیک دو جهت در جاده‌های دو خطه ..... ۵۰
- شکل ۱-۴ محل قرار گیری محورهای انتخابی در کشور ..... ۷۷
- شکل ۲-۴ پلان قسمت انتخابی محور گچسر - آدران ..... ۷۸
- شکل ۳-۴ پروفیل طولی قسمت انتخابی محور گچسر - آدران ..... ۷۹
- شکل ۱-۵ نمودار سرعت-حجم در شرایط توپوگرافی هموار برای هریک از گروه‌های ..... ۸۷
- شکل ۲-۵ نمودار سرعت-حجم در شرایط توپوگرافی تپه ماهور برای هریک از گروه‌های ..... ۸۸
- شکل ۳-۵ نمودار سرعت-حجم در شرایط توپوگرافی خاص برای هریک از گروه‌های ..... ۸۹
- شکل ۴-۵ نمودار فراوانی سرفاصله از فیلم‌های برداشت شده در مناطق هموار ..... ۹۳
- شکل ۵-۵ نمودار فراوانی سرفاصله از شناسگرها در مناطق هموار ..... ۹۴
- شکل ۶-۵ مقایسه ضرایب همسنگ سواری محاسبه شده وسایل نقلیه سنگین ..... ۹۶
- شکل ۷-۵ مقایسه ضرایب همسنگ سواری محاسبه شده وسایل نقلیه سنگین ..... ۹۶
- شکل ۸-۵ مقایسه ضرایب همسنگ سواری محاسبه شده وسایل نقلیه سنگین یک قسمتی ..... ۹۷
- شکل ۹-۵ نمودار سرعت - جریان در جریان کاملاً سواری در مناطق توپوگرافی مختلف ..... ۱۰۱
- شکل ۱۰-۵ مقایسه ضریب همسنگ سواری کامیون و ضریب همسنگ سواری معادل سازی شده ..... ۱۰۳
- شکل ۱۱-۵ مقایسه ضریب همسنگ سواری کامیون و ضریب همسنگ سواری معادل سازی شده ..... ۱۰۴
- شکل ۱۲-۵ مقایسه ضریب همسنگ سواری کامیون و ضریب همسنگ سواری معادل سازی شده ..... ۱۰۵
- شکل ۱۳-۵ ضرایب همسنگ سواری کامیون در ایران و آیین نامه ظرفیت راه‌ها در شیب‌های ..... ۱۰۵

# فصل اول

---

---

## کلیات

## ۱-۱- مقدمه

ظرفیت و سطح سرویس راه‌های دوخطه به پارامترهای هندسه راه مانند؛ قوس‌های افقی و قائم، عرض خط و شانه راه و مناطق سبقت ممنوع و همچنین به ویژگی‌های جریان ترافیک عبوری بستگی دارد. جریان ترافیک عبوری وسایل نقلیه شامل انواع مختلف وسایل نقلیه با ابعاد و نرخ‌های وزن به توان متفاوت می‌باشد. از این میان وسایل نقلیه سنگین نقش مهمی در جابجایی انسان و کالا در راه‌های برون شهری در بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه ایفا می‌کنند. ابعاد بزرگ وسایل نقلیه سنگین و عملکرد ضعیف تر آن‌ها باعث ایجاد تغییرات شدیدی در ظرفیت و سطح سرویس راه‌ها، خصوصاً در شیب‌ها می‌شود.

بر اساس آمار منتشر شده توسط سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، راه‌های دو خطه (مجموع راه‌های اصلی و فرعی) حدود ۸۴ درصد طول راه‌های کشور را تشکیل می‌دهند [۱]. در این نوع راه‌ها یک خط عبور برای هر جهت حرکت (مجموعاً دو خط) فراهم شده است. از آنجاییکه رانندگان باید برای انجام یک مانور سبقت وارد خط جهت مقابل شوند و ترافیک جهت مقابل را نیز مورد توجه قرار دهند، ویژگی‌ها و عملکرد ترافیک در راه‌های دوخطه با سایر انواع راه تفاوت‌های اساسی دارد [۱۰]. این امر لزوم تحلیل ترافیک و رفتار رانندگان در راه‌های دوخطه را به خوبی نشان می‌دهد.

تفاوت در ویژگی‌ها و عملکرد وسایل نقلیه سنگین با وسایل نقلیه سواری باعث ایجاد تغییرات زیادی در خصوصیات جریان ترافیک می‌شود. تنها راه موجود برای ایجاد یکپارچگی در جریان ترافیک جهت تحلیل آن، تبدیل تمامی انواع وسایل نقلیه موجود در طول مسیر به یک نوع وسیله نقلیه واحد می‌باشد. در واقع این عملیات، برای در نظر گرفتن اثرات نامطلوب وسایل نقلیه سنگین ناشی از ابعاد بزرگ وسیله یا عملکرد ضعیف آن و همچنین، میزان کاهش ظرفیت و سرعت و افزایش تاخیر استفاده می‌شود. [۲]

## ۱-۲- تعریف مسئله

در «آیین نامه ظرفیت راه‌ها<sup>۱</sup>»، وسیله نقلیه سنگین به صورت «وسایل نقلیه‌ای که با بیشتر از ۴ چرخ در شرایط عادی حرکت می‌کنند»، تعریف می‌شود [۱۱]. بر طبق این آیین نامه وسایل نقلیه سنگین بزرگتر از وسایل نقلیه سواری هستند و طول بیشتری از راه را اشغال می‌کنند و عملکرد ضعیف‌تری نسبت به وسایل نقلیه سواری دارند. با وجود نسبت پایین حضور وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک، ظرفیت و سطح سرویس راه به عملکرد این وسایل و تاثیر آن بر عملکرد کلی جریان به شدت حساس است. برای اعمال تاثیر این قبیل وسایل نقلیه بر کیفیت سرویس و ظرفیت راه از مفهوم همسنگ سواری<sup>۲</sup> استفاده می‌شود.

مفهوم همسنگ سواری برای محاسبه تعداد وسایل نقلیه سواری که در جریان ترافیک می‌توان با یک وسیله نقلیه سنگین بدون تغییر در سایر پارامترهای عملکردی جریان، جایگزین کرد، گفته می‌شود [۱۲]. همسنگ سواری باید با دقت کافی و تا حد امکان با کمترین میزان خطا، مانعی که وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک ایجاد می‌کنند، را به یک جریان پایه تبدیل کند امروزه مطالعات زیادی برای معرفی مدل‌های مختلف همسنگ سواری در انواع مختلف راه (آزادراه، راه‌های شریانی چند خطه یا بزرگراه و راه‌های دوخطه)، تقاطعات و نواحی اداری مرکز شهر انجام شده است.

عوامل مختلفی در تعیین ضرایب همسنگ سواری نقش دارند. این عوامل را می‌توان به چهار مجموعه اصلی ویژگی‌های وسایل نقلیه سنگین، هندسه مسیر، ویژگی‌های ترافیک و رفتار رانندگان تقسیم کرد. ویژگی‌های وسایل نقلیه سنگین شامل؛ سرعت و توانایی شتاب گیری این وسایل در مناطق هموار و مناطق شیب‌دار با درصد و طول شیب متفاوت، نسبت وزن به توان، طول وسایل نقلیه و محدودیت‌های ناشی از این وسایل در مسافت دید سایر رانندگان می‌باشد. هندسه مسیر شامل مواردی چون طول و درجه شیب‌ها، درجه و شعاع قوس‌های افقی، شرایط توپوگرافی مسیر و درجه عملکردی راه است. سرعت متوسط وسایل نقلیه، درصد وسایل نقلیه سنگین و نرخ سبقت در کنار سرفاصله‌های مشاهده شده در جریان ترافیک، ویژگی‌های ترافیکی موثر را تشکیل می‌دهند.

تا کنون مدل‌های بسیاری برای تعیین ضریب همسنگ سواری در راه‌های دوخطه در کشورهای مختلف پیشنهاد شده است. در هر یک از این مدل‌ها یک پارامتر سرویس (مانند سرعت، تاخیر، تعداد یا نرخ سبقت)

<sup>۱</sup> Highway Capacity Manual (HCM) ۲۰۰۰

<sup>۲</sup> Passenger Car Equivalent (PCE)

انتخاب و تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر آن محاسبه شده است. به این ترتیب با توجه به میزان تاثیر وسایل نقلیه سنگین در شرایط مختلف بر پارامتر انتخابی ضریب همسنگ سواری برای انواع وسایل نقلیه به دست آمده است. در کشور ما نیز با توجه به گستردگی شبکه راهها و تاسیس محورهای جدید نیاز و همچنین تردد انواع مختلف وسایل نقلیه با عملکردهای متفاوت، نیاز به تعیین و معرفی مدل‌های همسنگ سواری در انواع راهها احساس می‌شود.

### ۳-۱- ضرورت و اهمیت موضوع

برآورد ضریب همسنگ سواری در راه‌های ایران می‌تواند تاثیر بسزایی در تعیین ظرفیت راهها، تعریض و بهسازی راه‌های موجود و طراحی و احداث محورهای جدید داشته باشد. بنابراین می‌تواند بر مدیریت عرضه و تقاضای سفر و صرفه جویی در منابع مالی موثر باشد. متأسفانه علیرغم نسبت بالای راه‌های دو خطه در شبکه راه‌های برون شهری در ایران و اهمیت برآورد جداول همسنگ سواری در این راهها، مطالعات جامع و اصولی در این مورد در کشورمان صورت نگرفته است. مطالعات صورت گرفته نیز نمی‌تواند نیازهای موجود را برطرف نماید.

در حال حاضر در تحلیل‌های ترافیکی در محاسبه ضرایب همسنگ از نتایج سایر کشورها خصوصاً آیین نامه‌های کشور آمریکا استفاده می‌شود. اما با توجه به اختلافات عمده و اساسی در ویژگی‌های عملکردی وسایل نقلیه سنگین، همچنین تفاوت‌های رفتاری رانندگان در ایران و آمریکا استفاده از این ضرایب چندان مفید به فایده به نظر نمی‌رسد.

عمر ناوگان حمل و نقل سنگین در کشور، حضور برخی وسایل نقلیه سنگین در محورهای ایران که در بسیاری از کشورهای پیشرفته خصوصاً آمریکا از رده خارج محسوب می‌شوند، تفاوت در میزان تناژ بارگیری، حرکت وسایل نقلیه سنگین به صورت یکسر بار و مواردی از این قبیل باعث تفاوت‌های اساسی در عملکرد این وسایل نقلیه در ایران و ایالات متحده می‌باشد. از طرف دیگر، ویژگی‌های رفتاری رانندگان وسایل نقلیه سواری و سنگین در رانندگی در سرعت‌های بالا، پذیرفتن سرفاصله‌های کمتر و همچنین پارامترهایی چون نرخ سبقت، موجب کمرنگ‌تر شدن کاربرد مفید و عملی از جداول کشورهای خارجی در کشور ما می‌شود.

بنابراین، انجام مطالعات جامع، مستدل بر پایه اطلاعات آماری و دقیق از راه‌های دوخطه کشور برای تعیین جداول همسنگ سواری در کشورمان ضروری به نظر می‌رسد. وجود این جداول باعث درک و شناخت درست و کاملی از وضعیت ترافیک در راه‌های دو خطه ایران می‌شود. به این ترتیب می‌توان با مدیریت صحیح و تصمیمات درست، با صرف کمترین زمان و هزینه نسبت به بهسازی مسیرهای موجود یا طراحی و احداث محورهای جدید با توجه به میزان تقاضا اقدام نمود.

### ۱-۴- فرضیات تحقیق

جهت روشن شدن بهتر موضوع تحقیق و ارائه و بهترین و سریع‌ترین راه برای نیل به هدف، در نظر گرفتن فرضیات پایه‌ای برای تحقیق، بسیار مفید خواهد بود. ضعف و عدم کارایی دستورالعمل‌های خارجی در تعیین ظرفیت راه‌های کشور ایران، نامناسب بودن ضرایب همسنگ سواری آیین نامه‌های خارجی در کشور ما، از فرضیات ابتدایی است که در روشن شدن مسیر تحقیق موثر است.

همچنین، امکان تدوین متدولوژی کالیبراسیون جداول همسنگ سواری با اندازه‌گیری محدود پارامترها، و امکان تنظیم یک متدولوژی معین برای تعیین همسنگ سواری در شرایط ایران با توجه به خصوصیات ترافیک کشور از فرضیات دیگر این تحقیق می‌باشد.

### ۱-۵- محدودیت‌های تحقیق

محدودیت‌های اصلی در این مطالعه به صورت کلی مربوط به آمار برداری و براشت آمار و اطلاعات مربوط به راه‌های دو خطه می‌باشد. محدودیت منابع مالی برای به کارگیری نیروی انسانی و تجهیزات پیشرفته برای آمار برداری هرچه دقیق‌تر روند عملیات آمار برداری را با محدودیت مواجه می‌کند.

میزان خطای دستگاه GPS در ترسیم پروفیل طولی و پلان مسیر از محدودیت‌های دیگر موجود در این تحقیق است. موجود نبودن راه‌های کوهستانی با شیب‌های بالا و طول‌های زیاد، در برخی مناطق جغرافیایی نیز از سایر محدودیت‌های موجود می‌باشد.

## ۱-۶- روش و متدولوژی تحقیق

هدف این مطالعه ارائه یک مدل برای تعیین ضرایب همسنگ سواری در راه‌های دو خطه مناسب با شرایط ایران می‌باشد. برای این منظور مراحل زیر طی می‌شوند.

- بررسی مدل‌های متنوع و آیین‌نامه‌های چند کشور پیشرفته و در حال توسعه، بررسی نقاط ضعف و قوت هر مدل و پارامترهای تاثیر گذار در هر یک.
- مطالعات میدانی و آمارگیری و جمع آوری اطلاعات هندسه مسیر و حجم ترافیک در راه‌های دو خطه. در این مرحله راه‌هایی که حضور وسایل نقلیه سنگین در آنها چشم گیر است، در شیب‌های مختلف انتخاب می‌شوند و ویژگی‌های هندسی و ترافیکی آنها برداشت می‌شود. از این آمار علاوه همچنین می‌توان جهت کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل انتخابی استفاده کرد.
- انتخاب مناسب‌ترین مدل بر اساس پارامترهای موثر بر آن و قابلیت انطباق با شرایط ایران. در این مرحله میزان مطابقت مدل پیشنهادی با شرایط ایران مشخص می‌شود. همچنین می‌توان، به کمک نتایج به دست آمده مدل مناسب با شرایط ایران را محاسبه نمود.
- کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل انتخابی بر اساس آمار و اطلاعات برداشت شده. اعتبارسنجی مدل به کمک آمار بردای و اطلاعات میدانی صورت می‌گیرد.
- تنظیم جداول مربوطه. در بخش پایانی جداول مربوط به ضریب همسنگ سواری با شرایط ایران به عنوان خروجی کار ارائه می‌گردد.

## ۱-۷- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در ۶ فصل تنظیم شده است. در فصل اول کلیات موضوع تحقیق شامل طرح و تعریف مسئله، ضرورت انجام مطالعه و متدولوژی تحقیق تشریح شده است. سپس در فصل دوم به مطالعات صورت گرفته در ایران و سایر کشورهای مختلف پرداخته شده همچنین آیین‌نامه‌های آمریکا و چند کشور در حال توسعه در زمینه همسنگ سواری بررسی شده است. فصل سوم ضمن تعریف همسنگ سواری به معرفی و ارائه مدل‌های مختلف همسنگ سواری می‌پردازد. در پایان این فصل با توجه به نقاط ضعف و قوت هر مدل یک مقایسه کامل و همه جانبه بین مدل‌ها صورت می‌گیرد.



در فصل چهارم به تدوین چهار چوب مدل در کنار جمع آوری اطلاعات برای مدل انتخابی پرداخته می‌شود. در این فصل پارامترهای موثر در زمینه همسنگ سواری برداشت می‌شوند. فصل پنجم به تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات برداشت شده و کالیبراسیون و اعتبار سنجی مدل با توجه به شرایط ایران اختصاص دارد. در نهایت در فصل ششم ضمن جمع بندی و نتیجه گیری نتایج به دست آمده، جداول همسنگ سواری در راه‌های دوخطه ایران ارائه می‌گردد.

## فصل دوم

---

---

### بررسی سوابق مطالعاتی

## ۲-۱- مقدمه

مفهوم «ضریب همسنگ سواری» برای اولین بار در HCM۶۵ برای برآورد میزان تاثیر وسایل نقلیه سنگین از قبیل اتوبوس و کامیون در جریان ترافیک معرفی شد. «راهنمای ظرفیت راه‌ها»، همسنگ سواری را به صورت «تعداد وسایل نقلیه سواری که با حفظ شرایط موجود جاده و ترافیک می‌تواند جایگزین یک کامیون یا اتوبوس گردد.» تعریف می‌کند [۱۳].

از زمان معرفی این مفهوم در سال ۱۹۶۵، روش‌های بسیاری در تعیین تاثیر وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک ارائه شد. شناخته شده ترین این روش‌ها، روش واکر، روش رگرسیون خطی چندگانه و روش‌های شبیه سازی هستند. در هر یک از این روش‌ها یک متغیر سرویس انتخاب می‌شود، و تاثیر حضور وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک بر روی متغیر محاسبه می‌شود. در جریان این مطالعات متغیرهایی مانند سرعت متوسط وسایل نقلیه، سرفاصله زمانی، تراکم، میزان تاخیر، نرخ سبقت و ... انتخاب شدند. در حقیقت تفاوت عمده این مدل‌ها در انتخاب متغیر سرویس بوده است. با پیشرفت تکنولوژی و ورود کامپیوتر، استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی ترافیک به تدریج افزایش یافت. به طوری که، بیشتر مطالعات در دهه اخیر بیشتر بر پایه این گونه نرم افزارها بوده است تا اطلاعات میدانی. همچنین کامپیوترها امکان استفاده از مدل‌های پیچیده‌تر مانند مدل‌های فازی یا شبکه عصبی را در برآورد ضرایب همسنگ سواری فراهم کردند.

در این بخش مروری بر سوابق تحقیقاتی پیش‌زمینه، مقالات، رسالات و دستورالعمل‌های کشورهای پیشرفته و در حال توسعه از دیدگاه تئوری‌های پیش‌زمینه و رویکردهای آیین نامه‌ای انجام می‌شود. چهارچوب این بررسی‌ها، موضوعات مرتبط با اهداف مطالعاتی از قبیل متدولوژی تعیین ضرایب همسنگ، انواع مدل‌ها و روابط محاسبه ضرایب همسنگ سواری، و عوامل تاثیر گذار در میزان ضرایب همسنگ می‌باشد. همچنین در این فصل منابع و تحقیقات انجام شده در ایران شامل گزارش‌ها، پایان نامه‌ها و دستورالعمل‌ها نیز بررسی می‌گردند.

## ۲-۲- انواع روش‌های برآورد همسنگ سواری

واکر<sup>۱</sup> برای تعیین ضریب همسنگ سواری در جاده‌های دو خطه، روشی ارائه داد، که بر اساس مفهوم سبقت تعریف شده بود. مبنای روش واکر بر مقایسه تعداد سبقت‌های وسایل نقلیه سواری از وسایل نقلیه سنگین و سبقت‌های وسایل نقلیه سواری از یکدیگر در جاده‌های دوخطه قرار گرفته است. به این ترتیب از تقسیم تعداد سبقت‌های وسایل نقلیه سواری از وسایل نقلیه سنگین بر تعداد سبقت‌های وسایل نقلیه سواری از خودشان مقدار ضریب همسنگ سواری تعیین می‌شود. این روش مبنای تعیین ضریب همسنگ سواری در HCM نگارش سال ۱۹۶۵ بوده است [۱۳]. در این روش مفهوم همسنگی تعریف مشخصی ندارد و تنها از یک نسبت به عنوان ضریب همسنگ سواری استفاده شده است.

کراس<sup>۲</sup> در تکمیل روش واکر در جاده‌های دوخطه روش دیگری ارائه کرده است. در این روش به جای مقایسه تعداد سبقت‌ها از مقایسه تأخیر ناشی از این تعداد سبقت استفاده شده است و فرض شده است که جریان ترافیک جهت مقابل یک جریان آزاد است که توزیع سرفاصله زمانی وسایل نقلیه در آن نمایشی می‌باشد. سپس یک سرفاصله قابل قبول برای سبقت تعیین می‌گردد و فرض می‌شود که یک وسیله نقلیه برای انجام سبقت در انتظار چنین فاصله‌ای در جریان مقابل خواهد ماند. بنابراین می‌توان زمان انتظار برای دستیابی به چنین سرفاصله‌ای را تعیین نمود. از حاصلضرب تعداد سبقت در متوسط زمان انتظار، تأخیر ناشی از سبقت بدست خواهد آمد که مبنای تعیین ضریب همسنگ سواری خواهد بود.

در حقیقت در این روش با در نظر گرفتن تأخیر ناشی از سبقت که معیاری از سطح سرویس است نسبت به روش واکر ضریب همسنگ سواری را بهتر محاسبه می‌کند. این روش نیز مانند روش واکر، مفهوم همسنگی تعریف مشخصی ندارد و از یک نسبت به عنوان ضریب همسنگ سواری استفاده شده است. به عبارت دیگر در این روش فرض بر آن است که نسبت تأخیر می‌تواند یک جریان مختلط را به یک جریان همسنگ سواری تبدیل نماید [۲].

---

<sup>۱</sup> Walker method

<sup>۲</sup> Craus