

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی عمران

رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری

پایان نامه کارشناسی ارشد

تخمین ماتریس مبدأ - مقصد از شمارش حجم ترافیک در کمان‌های شبکه

نگارنده: سجاد صنعت نگار

استاد راهنما

دکتر حسین قاسم‌زاده طهرانی

استاد مشاور

دکتر جعفر فتحعلی

تیر ۹۸

شماره: ۹۸/۴۰۱/۴
تاریخ: ۹۸/۴/۲۵

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خاتم / آقای سجاد صنعت نگار با شماره دانشجویی ۹۵۰۹۴۹۴ رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری تحت عنوان تخمین ماتریس مبدأ-مقصد از شمارش حجم ترافیک در کمان‌های شبکه که در تاریخ ۹۸/۴/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ مردود ☒ قبول (با درجه: <u>بسیار</u>)			
☐ عملی ☒ نظری			
نوع تحقیق:			
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر حسین قاسم زاده مظهری	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم			
۳- استاد مشاور	دکتر جعفر فتحعلی	دانشیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر مهدی گلی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر ایمان آقاپان	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر سید علی حسینی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر رضا نادری نژاد
 دانشکده مهندسی عمران
 تاریخ: ۹۸/۴/۲۵
 آئین نامه تحصیلات تکمیلی و مقررات

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

پروردگارا

نه می توانم مویشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم

نه برای دست های پینه بسته ایشان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم.

پس توفیقم ده که هر لحظه شکر گزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنتان بگذرانم.

شکر و سپاس خدا را که بزرگترین امید و یاور در لحظه لحظه زندگی ست.

با سپاس از سه وجود مقدس:

آمان که ناتوان شدند تا من به توانایی برسم...

موبایشان سپید شدند تا من روشنم شوم...

و عاشقانه سوختند تا گرما بخش وجود من و روشم را بهم باشند...

پدرم

مادرم

استادانم

تعمدنامه

اینجانب **سجاد صنعت نگار** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد (دکتری) رشته **عمران** دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تخمین ماتریس مبدأ-مقصد از شمارش حجم ترافیک در کمان های شبکه** تحت راهنمایی **دکتر قاسم زاده طهرانی** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ: ۹۸/۴/۲۵

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

از جمله داده‌های پایه در برنامه‌ریزی حمل و نقل، ماتریس‌های تقاضای مبدأ-مقصد سفر هستند. استخراج این ماتریس‌ها توسط آمارگیری و انجام مصاحبه‌های مبدأ-مقصد با مسافرین مستلزم صرف وقت، هزینه و نیروی انسانی زیادی است. از این رو روش‌های برآورد ماتریس تقاضا با استفاده از اطلاعات حجم شبکه مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این روش‌ها با در دست داشتن اطلاعات شمارش حجم برخی کمان‌های شبکه و یک ماتریس اولیه، سعی می‌شود ماتریس تقاضایی برآورد شود که تخصیص آن به شبکه، حجم‌های مشاهده شده در کمان‌ها را باز تولید کند و تا حد امکان به ماتریس اولیه نزدیک باشد.

برای برآورد ماتریس مبدأ-مقصد روش‌های گوناگونی از جمله بیشترین آنتروپی، بیشترین درست‌نمایی، کمترین مربعات و کمترین اطلاعات وجود دارند که در این تحقیق هر کدام از روش‌ها معرفی شده‌اند.

در این تحقیق تخمین حجم کمان‌ها و ماتریس سفر ابتدا برای یک شبکه فرضی ساده و سپس برای شبکه شهر مشهد و با استفاده از نرم‌افزار بهینه‌یابی LINGO و بر مبنای معیارهایی از جمله نوع مدل، روش محاسبه خطا، محل کمان، ماتریس اولیه و تعداد کمان‌های شمارش شده صورت گرفت که بر مبنای دقت تخمین ماتریس سفر، مدل بیشترین درست‌نمایی خطای کمتری نسبت به سایر مدل‌ها داشت. بر اساس تعداد شمارش کمان نیز با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که با افزایش تعداد کمان‌های شمارش شده لزوماً دقت افزایش نمی‌یابد و با انتخاب محل مناسب کمان و تعداد محدودی از کمان‌ها می‌توان به دقت قابل قبولی رسید.

کلمات کلیدی: تخمین ماتریس مبدأ-مقصد، مدیریت تقاضای سفر، شبکه حمل و نقل

فهرست مطالب:

۱- فصل اول: مقدمه و کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- روش‌های تهیه ماتریس سفر	۳
۱-۲-۱- آمارگیری	۳
۱-۲-۱-۱- مشاهده‌ای	۳
۱-۲-۱-۲- پرسشنامه‌ای	۳
۲-۲-۱- نمونه برداری	۴
۲-۳-۱- مدل‌های تخمینی	۴
۳-۱- مدل‌های توزیع سفر	۵
۳-۱-۱- مدل رشد	۵
۳-۲-۱- مدل دیترویت	۵
۳-۳-۱- مدل جاذبه	۶
۴-۱- تعریف مسئله	۶
۵-۱- نوآوری تحقیق	۸
۶-۱- فرضیات تحقیق	۹
۷-۱- فرضیه‌های تحقیق	۹
۸-۱- ساختار تحقیق	۱۰
۲- فصل دوم: تاریخچه تحقیق	۱۳
۱-۲- مقدمه	۱۴
۲-۲- تعریف	۱۴
۳-۲- انواع خطا در انجام کار	۱۷
۴-۲- تاریخچه مدل‌ها	۱۷

۱۹.....	۲-۵- مکانیابی شمارش کمان ها.....
۲۲.....	۲-۶- چهارچوب کلی مطالعات در زمینه تصحیح ماتریس تقاضا از روی حجم کمان های شبکه.....
۲۴.....	۲-۷- تخصیص ترافیک.....
۲۴.....	۲-۷-۱- تخصیص نسبی.....
۲۵.....	۲-۷-۲- تخصیص متعادل.....
۲۵.....	۲-۸- روش های تخمین ماتریس سفر.....
۲۶.....	۲-۷-۱- روش بیشترین آنتروپی.....
۲۹.....	۲-۷-۲- مدل کمترین اطلاعات.....
۳۰.....	۲-۷-۳- مدل بیشترین درستنمایی.....
۳۱.....	۲-۷-۴- مدل کمترین مربعات.....
۳۳.....	۲- فصل سوم: روش شناسی و آنالیز شبکه اولیه.....
۳۴.....	۳-۱- مقدمه.....
۳۴.....	۳-۲- معرفی شبکه اولیه.....
۳۹.....	۳-۳- محاسبات تخمین ماتریس سفر.....
۴۶.....	۳-۴- نتایج آنالیز و تحلیل شبکه.....
۵۹.....	۴- فصل چهارم: آنالیز شبکه شهر مشهد.....
۶۰.....	۴-۱- مقدمه.....
۶۰.....	۴-۲- مشخصات شبکه حمل و نقل.....
۶۱.....	۴-۳- ناحیه بندی محدوده مورد مطالعه.....
۶۲.....	۴-۴- ویژگی های عمومی ناحیه بندی ترافیکی در برنامه ریزی حمل و نقل.....
۶۲.....	۴-۴-۱- همگونی.....
۶۲.....	۴-۴-۲- هم وزنی.....
۶۳.....	۴-۴-۳- متناسب بودن وسعت ناحیه ها.....
۶۴.....	۴-۴-۴- تسهیل در فرآیند آمارگیری.....
۶۴.....	۴-۴-۵- دسترسی آماری.....
۶۴.....	۴-۴-۶- موقعیت.....
۶۵.....	۴-۴-۷- جمعیت.....

۶۵	۴-۸-وجود گرانیگاه.....
۶۵	۴-۵-ویژگی های اصلی شهر مشهد.....
۶۸	۴-۶-تابع زمان سفر- حجم
۶۹	۴-۶-۱-عوامل موثر در تابع زمان سفر کمان ها
۷۱	۴-۷-دسته بندی شبکه معابر
۷۲	۴-۸-مبنای انتخاب کمان های شهر مشهد و ارائه نتایج
۱۰۳	۴-۹-نتیجه گیری.....
۱۰۵	۵-فصل پنجم:جمع بندی و نتیجه گیری
۱۰۶	۵-۱-مقدمه.....
۱۰۷	۵-۲-نتیجه گیری.....
۱۰۸	۵-۳-پیشنهادهات.....
۱۰۹	پیوست ۱: وارد کردن مدل ها به نرم افزار
۱۱۱	پیوست ۲: خروجی نرم افزار.....
۱۱۲	منابع.....

فهرست شکل‌ها:

شکل ۱-۲- شمایی از جریان اطلاعات در مدل عمومی برآورد ماتریس مبدأ - مقصد ۱۵

شکل ۲-۲- طبقه بندی مطالعات برآورد ماتریس تقاضا با استفاده از اطلاعات شمارش حجم کمان ها ۲۳

شکل ۱-۳- شبکه فرضی اولیه ۳۵

شکل ۲-۳- نمودار میانگین خطای تخمین ماتریس سفر (درصد) ۴۹

شکل ۳-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش کمترین مربعات ۵۰

شکل ۴-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش کمترین مربعات ۵۰

شکل ۵-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش کمترین مربعات ۵۱

شکل ۶-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش کمترین مربعات ۵۱

شکل ۷-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش کمترین اطلاعات ۵۲

شکل ۸-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش کمترین اطلاعات ۵۲

شکل ۹-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش کمترین اطلاعات ۵۳

شکل ۱۰-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش کمترین اطلاعات ۵۳

شکل ۱۱-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش بیشترین درستنمایی .. ۵۴

شکل ۱۲-۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش بیشترین درستنمایی ۵۴

- شکل ۳-۱۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش بیشترین درستنمایی ۵۵...
- شکل ۳-۱۴- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش بیشترین درستنمایی ۵۵.
- شکل ۳-۱۵- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش بیشترین آنتروپی ۵۶.....
- شکل ۳-۱۶- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش بیشترین آنتروپی ۵۶.....
- شکل ۳-۱۷- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش بیشترین آنتروپی ۵۷.....
- شکل ۳-۱۸- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش بیشترین آنتروپی ۵۷.....
- شکل ۴-۱- مناطق پانزده گانه شهر مشهد..... ۷۳
- شکل ۴-۲- شبکه خلاصه شده شهر مشهد..... ۷۴
- شکل ۴-۳- نمودار میانگین خطای تخمین ماتریس سفر(درصد)..... ۹۳
- شکل ۴-۴- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش کمترین مربعات ۹۴.....
- شکل ۴-۵- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش کمترین مربعات ۹۵.....
- شکل ۴-۶- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش کمترین مربعات ۹۵.....
- شکل ۴-۷- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش کمترین مربعات ۹۶.....
- شکل ۴-۸- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش کمترین اطلاعات ۹۶.....
- شکل ۴-۹- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش کمترین اطلاعات ۹۷.....
- شکل ۴-۱۰- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش کمترین اطلاعات ۹۷.....

شکل ۴-۱۱- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش کمترین اطلاعات ۹۸

شکل ۴-۱۲- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش بیشترین درستنمایی .. ۹۸

شکل ۴-۱۳- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش بیشترین درستنمایی ۹۹

شکل ۳-۱۴- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش بیشترین درستنمایی ... ۹۹

شکل ۴-۱۵- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش بیشترین درستنمایی ۱۰۰

شکل ۴-۱۶- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش بیشترین آنتروپی ۱۰۰

شکل ۴-۱۷- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش بیشترین آنتروپی ۱۰۱

شکل ۴-۱۸- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش بیشترین آنتروپی ۱۰۱

شکل ۴-۱۹- نمودار مقایسه حجم و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش بیشترین آنتروپی ... ۱۰۲

فهرست جداول:

- جدول ۳-۱- زمان و ظرفیت شبکه اولیه ۳۶
- جدول ۳-۲- جدول سفر فرضی شبکه اولیه ۴۰
- جدول ۳-۳- محاسبات حجم مربوط به $T_{17} = 1200$ ۴۲
- جدول ۳-۴- محاسبات حجم مربوط به $T_{18} = 2100$ ۴۳
- جدول ۳-۵- حجم کمان های شبکه ۴۴
- جدول ۳-۶- نمونه نتایج تخمین ماتریس سفر با یک شمارش حجم ۴۷
- جدول ۳-۷- خطای RMSE تخمین ماتریس در هر مدل (درصد) ۴۸
- جدول ۴-۱- مدلهای زمان سفر- حجم بهنگام شده برای انواع شبکه راههای مشهد ۷۱
- جدول ۴-۲- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۷ ۷۵
- جدول ۴-۳- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۱۸ ۷۶
- جدول ۴-۴- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۱۹ ۷۶
- جدول ۴-۵- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۲۷ ۷۷
- جدول ۴-۶- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۲۸ ۷۷
- جدول ۴-۷- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۳۳ ۷۸

جدول ۴-۸- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۳۴.....	۷۸
جدول ۴-۹- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۳۸.....	۷۹
جدول ۴-۱۰- حجم کمانهای شمارش شده جهت تخمین ماتریس.....	۸۰
جدول ۴-۱۱- مسیرهای مقصد مربوط به مبدأ شماره ۱ و ۲.....	۸۱
جدول ۴-۱۲- مسیرهای مقصد مربوط به مبدأ شماره ۳ و ۴.....	۸۲
جدول ۴-۱۳- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۵ و ۶.....	۸۳
جدول ۴-۱۶- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۱۱ و ۱۲.....	۸۶
جدول ۴-۱۷- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۱۳ و ۱۴.....	۸۷
جدول ۴-۱۸- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۱۵.....	۸۸
جدول ۴-۱۹- توزیع کل سفرهای بین مناطق در سال ۱۳۷۳.....	۸۹
جدول ۴-۲۰- توزیع کل سفرهای بین مناطق در سال ۱۳۸۷.....	۹۰
جدول ۴-۲۱- نمونه نتایج تخمین تقاضای سفر شهر مشهد از مبدأ ۱ و ۲ با مدل کمترین مربعات ..	۹۱
جدول ۴-۲۲- خطای RMSE تخمین ماتریس در هر مدل(درصد).....	۹۲

فصل اول:

مقدمه و

کلیات

۱- فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

وابستگی بهبود شرایط زندگی به تسهیلات حمل و نقل، زمینه‌ساز سرمایه‌گذاری‌های کلان در این بخش در بسیاری از نقاط جهان طی ۵۰ سال گذشته شده است. در این رابطه، مطالعات برنامه‌ریزی جامع حمل و نقل، بستر مناسبی را برای دستیابی به سیستم مطلوب فراهم می‌سازد. کسب آگاهی از وضعیت تقاضای سیستم، از محورهای عمده این مطالعات به شمار می‌آید. بدون برآورد صحیح تقاضا، برنامه‌ریزی‌های یاد شده احتمالاً موجب برآوردهای نادرست و جهت‌گیری‌های ناصحیح در سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز سیستم حمل و نقل می‌شود. به عبارت دیگر، بدون آگاهی صحیح از تقاضا، پاسخگویی به پرسش‌های اساسی مرتبط با سیستم حمل و نقل دشوار می‌نماید.

در راستای انجام مطالعات و برنامه‌ریزی حمل و نقل یکی از مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز محققین دانستن تعداد سفرهای انجام شده بین مراکز مختلف شهری است که از آن به عنوان اطلاعات تقاضای سفر یاد می‌شود. اطلاعات تقاضای سفر به صورت ماتریس‌های مبدأ-مقصد از جایگاه و اهمیت خاصی در علم حمل و نقل برخوردار است به نحوی که می‌توان گفت سایر کارها و برنامه‌ریزی‌های بعدی، منوط به دانستن این ماتریس است. هرچه اطلاعات از دقت و تازگی بیشتری برخوردار باشد به همان اندازه امکان برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری دقیق‌تری را در آینده فراهم می‌سازد. امروزه از مسائل مطرح در علم حمل و نقل بدست آوردن ماتریس‌های تقاضا و بهنگام‌سازی ماتریس‌های قبلی توسط کم-هزینه‌ترین و سریع‌ترین روش‌ها است. از این‌رو گرایش به تصحیح و برآورد این ماتریس‌ها با استفاده از اطلاعات حجم شبکه که از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های تصحیح و برآورد ماتریس‌های سفر است مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است [۱].

۱-۲- روش‌های تهیه ماتریس سفر

۱-۲-۱- آمارگیری

آمارگیری مبدأ-مقصد را می‌توان به روش‌های مختلفی انجام داد که با توجه به وقت‌گیر و پرهزینه بودن هر ۱۰ الی ۲۰ سال انجام می‌شود، حال در ادامه انواع آن معرفی می‌شود [۲].

۱-۲-۱-۱- آمارگیری مشاهده‌ای

این روش به وسیله مشاهده مستقیم وضعیت ترافیک و برداشت اطلاعات لازم از آن، برنامه‌ریزی شده و انجام می‌گیرد. روش "شماره وسیله نقلیه" که در آن با ثبت شماره پلاک وسیله نقلیه، مسیر آن ردیابی می‌شود از این نوع روش‌ها است. روش‌های "برچسب بر وسایل نقلیه" و "چراغ روشن"، از دیگر روش‌هایی هستند که توسط آنها محل شروع و پایان سفر را می‌توان تعیین کرد، این روش‌ها نیز در گروه روش‌های مشاهده‌ای جای می‌گیرند. این روش معمولاً برای تعیین مبدأ-مقصد سفرهای واقع در یک شبکه ترافیکی کوچک کاربرد دارد و برای استخراج مبدأ-مقصد سفرهای یک شهر قابل کاربرد نیست.

۱-۲-۱-۲- آمارگیری پرسشنامه‌ای

در این روش، اطلاعات به وسیله توزیع پرسشنامه گردآوری می‌شود. به دلیل حجم بالای اطلاعات مورد نیاز در پرسشنامه‌های مبدأ-مقصد خانوار، فقط در مطالعات جامع حمل‌ونقل از این روش استفاده می‌شود. روش پرسشنامه‌ای به پنج زیرگروه ذیل تقسیم می‌شود:

- ✓ مصاحبه حضوری
- ✓ خودگردان
- ✓ مصاحبه تلفنی
- ✓ کارت پستی
- ✓ روش ترکیبی

۱-۲-۲- نمونه برداری

به طور کلی هدف از نمونه برداری کسب اطلاعاتی درباره ویژگی افراد جامعه بدون صرف هزینه‌های زیاد است که در صورت کسب همان اطلاعات از همه افراد جامعه لازم خواهد بود. از این رو در نمونه- برداری ابتدا می‌بایست نوع اطلاعاتی که قرار است ارزیابی شده و به جامعه نسبت داده شود، تعیین گردد. این اطلاعات با توجه به هدف کلی مطالعه و پارامترهای مورد نیاز برای مطالعه تعیین شده و اغلب به آن‌ها پارامترهای جامعه گفته می‌شود. استنباط‌های آماری را می‌توان راجع به میانگین این پارامترها انجام داد. برای نمونه درآمد و نرخ سفر خانوار، پارامترهای جامعه به حساب می‌آیند. برای تعیین پارامتر مناسب در یک مطالعه به تجربه کافی و اطلاع از نوع کاربرد پارامتر در استنباط، تحلیل و یا مدل‌سازی نیاز است.

۱-۲-۳- مدل‌های تخمینی

همان‌طور که می‌دانید اطلاعات تقاضای سفر به صورت ماتریس‌های مبدأ-مقصد یکی از اصلی‌ترین و ضروری‌ترین ورودی‌ها در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل است و برای طراحی و مدیریت سیستم‌های حمل‌و- نقل یکی از اطلاعات اساسی به حساب می‌آید. روش‌های استفاده از مدل، خود به سه دسته ذیل تقسیم می‌شوند.

✓ دسته اول: مدل های تقاضا

مانند مدل های تولید، جذب و توزیع سفر به ویژه مدل جاذبه. برای برآورد پارامترهای این مدل ها

نیاز به اطلاعات سفرهای مبدأ-مقصد حداقل در یک مقطع زمانی می باشد.

✓ دسته دوم: مدل های برآورد ماتریس مبدأ-مقصد با استفاده از اطلاعات حجم ترافیک در

کمان های شبکه

✓ دسته سوم: مدل های آماری، اساس این مدل ها بر پایه نگرش آماری به مسئله است.

۳-۱- مدل های توزیع سفر

۳-۱-۱- مدل رشد:

در این روش برای کل منطقه مورد مطالعه یک ضریب عمومی رشد λ در نظر گرفته شده و ماتریس توزیع سفر سال پایه در آن ضرب می شود تا ماتریس توزیع سفر سال های افق به دست آید. ضریب رشد بین دو ناحیه از میانگین ضرایب رشد آن ها به دست می آید.

$$T_{ij} = \lambda \times t_{ij} \quad (1-1)$$

۳-۱-۲- مدل دیترویت:

برخی از مدل های رشد، تنها تبادل سفرها را بدون در نظر داشتن جهت سفرها، در نظر می گیرند. یعنی مثلاً منطقه A بدون توجه به جذب یا تولید یک ضریب رشد λ_i دارد. از این نوع مدل ها می توان مدل های دیترویت و فراتار را نام برد. در روش دیترویت با استفاده از ضریب رشد هر ناحیه λ_i و رشد میانگین کل محدوده مورد مطالعه λ_{av} توزیع سفر در سال طرح به صورت زیر به دست می آید:

$$T_{ij} = t_{ij} \frac{\lambda_i \times \lambda_j}{\lambda_{ave}} \quad (2-1)$$

که در آن:

T_{ij} : کل سفر انجام شده از مبدأ i به مقصد j در سال طرح

t_{ij} : کل سفر انجام شده از مبدأ i به مقصد j در سال پایه

λ_i : ضریب رشد مبدأ i ؛ λ_j : ضریب رشد مقصد j ؛ λ_{avg} : ضریب رشد میانگین مبدأ و مقصد

۱-۳-۳- مدل جاذبه:

معروفترین و پرکاربردترین مدل توزیع سفر، مدل جاذبه است که برای به دست آوردن آن از مفهوم قانون جاذبه نیوتن استفاده شده است. در مدل جاذبه بدون استفاده مستقیم از ماتریس سفرهای سال پایه سفرهای سال طرح پیش‌بینی می‌شود. مدل جاذبه اولین بار برای سفرهای خرید بین شهری به صورت زیر به کار رفته است:

$$T_{ij} = \alpha O_i D_j c_{ij} \quad (3-1)$$

که در آن:

O_i = تعداد سفر از مبدأ i ؛ α = ضریب تناسب

D_j = تعداد سفر از مقصد j ؛ c_{ij} = تابع مقاومت سفر بین مبدأ و مقصد

سایر مدل‌ها در فصل بعد توضیح داده خواهند شد.

۱-۴- تعریف مسئله

تاکنون مدل‌های متعددی برای تخمین جدول سفر ارائه شده‌اند که هر یک از آن‌ها بر مبنای تئوری و نظریات خاص خود بنا شده است و در آینده هم مسلماً به تعداد مدل‌های تخمینی افزوده خواهد شد. بنابراین برای تخمین جداول سفر در یک منطقه مطالعاتی گزینه‌های متنوعی پیش روی برنامه-

ریزان قرار دارند که باید از بین آن‌ها مناسب‌ترین مدل انتخاب شود. فرمول‌بندی مدل‌ها نیز به گونه‌ای است که انتخاب مدل با کمترین خطا را در حالت کلی دشوار می‌سازد.

باتوجه به اینکه خطاهای مورد استفاده به دو عامل مدل و چهارچوب نظری (فرمول‌بندی) و شرایطی که مدل در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد وابسته‌اند، نمی‌توان روی یک مدل خاص تاکید کرد و آن را به عنوان مدلی که در همه شرایط بهتر عمل می‌کند معرفی نمود.

با توجه به مطالب فوق تهیه یک متدولوژی که بر اساس شرایط مسئله بتواند مناسب‌ترین مدل را انتخاب کند ضروری و لازم می‌باشد. در این تحقیق اصول کلی و مبانی چنین متدولوژی مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که ذکر شد نتایج مدل‌ها به شرایط منطقه مطالعاتی وابسته‌اند و با توجه به اینکه نمی‌توان شرایط را به صورت پارامترهای ریاضی در فرمول‌بندی مدل‌ها وارد کرد، لذا برای تدوین متدولوژی مورد نظر باید از روش استقرایی استفاده نمود. برای این کار ابتدا عملکرد مدل‌ها و نتایج تخمین‌های حاصل از آن‌ها بر روی چند مثال بررسی می‌گردد. سپس نتایج حاصل از این بررسی‌ها به شرایط دیگری تعمیم داده می‌شود که این نتایج قطعیت همیشگی نخواهند داشت.

برای این کار از دسته دوم مدل‌های برآورد استفاده می‌شود که این روش عکس فرآیند تخصیص می‌باشد. شکل کلی مسئله به صورت ذیل می‌باشد:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } Z(g) \\ V = \text{assign}(g) \\ g \geq 0 \\ g \in s \end{array} \right. \quad (4-1)$$

که در آن:

g: ماتریس مبدأ – مقصد

Z: تابع هدف مسئله بهینه‌یابی

assign: جواب‌های یک مدل تخصیص ترافیک

V: بردار حجم جریان‌های برآورد شده از تخصیص g به شبکه

S: مجموعه‌ای محدودیت‌های اضافی که توسط اطلاعات دیگر شبکه (به غیر از حجم مشاهده شده در کمان) در دست هستند و می‌توانند به مسئله اضافه شوند.

در هر مرحله از تکرار مسئله یک ماتریس سفر به دست می‌آید که معمولاً خطای زیادی خواهد داشت لذا بایستی با تکرارهای مختلف مسئله را آنالیز کرد تا در نهایت جواب‌های به دست آمده همگرا شوند. نرم‌افزار بهینه‌یابی LINGO طوری طراحی شده است که با تکرارهای مختلف جواب همگرا را در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

برای این کار محدودیت‌های مختلفی مورد بررسی قرار می‌گیرد که شامل انتخاب یک کمان، دو کمان، سه کمان و چهار کمان معلوم می‌باشد و برای هر حالت، حجم سفر و تعداد سفر هر مبدأ-مقصد را در یک شبکه با حجم‌های معلوم با کمک نرم‌افزار LINGO به دست می‌آید و پس از آن به محاسبه خطای به وجود آمده پرداخته می‌شود تا مشخص شود کدام مدل خطای کمتری را دربردارد.

۱-۵- نوآوری تحقیق:

بحث تازه‌ای که قرار است در این تحقیق مورد استفاده قرار بگیرد تحلیل حساسیت بر روی محل و تعداد کمان شمارش شده، نوع مدل و روش اندازه‌گیری خطا به کمک نرم افزار بهینه یابی LINGO برای تخمین ماتریس مبدأ-مقصد می‌باشد.

همان طور که گفته شد برای این کار بایستی حالت‌های مختلف محل و تعداد کمان را بررسی کرد و روشی که کمترین خطا را بدهد به عنوان مبنا مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۱-۶- فرضیات تحقیق:

- با توجه به این که در تخصیص ترافیک بین هر مبدأ-مقصد مسیرهای مختلفی وجود دارد لذا در انجام این تحقیق فرضیات و پیش‌نیازهایی در نظر گرفته شد که به شرح ذیل می‌باشند:
- ۱) هر سفرکننده مسیری را انتخاب نماید که از لحاظ زمان، مسافت و هزینه به صرفه‌تر باشد.
 - ۲) با استفاده از یک ماتریس سفر اولیه و اعمال مجموعه‌ای از محدودیت‌ها می‌توان ماتریس مورد نظر را تخمین زد.
 - ۳) هر یک از مدل‌ها نسبت به بعضی از پارامترها حساسیت دارند.
 - ۴) با تغییر دادن یک پارامتر و ثابت نگه داشتن پارامترهای دیگر، حساسیت مدل بر اساس پارامتر متغیر به دست می‌آید.
 - ۵) برای هر پارامتر می‌توان مدلی که سازگاری بیشتری با آن دارد را مشخص نمود.

۱-۷- فرضیه‌های تحقیق:

- فرضیه‌هایی که قرار است پس از به دست آمدن نتایج بررسی شوند عبارتند از:
- ۱- مدل مورد استفاده:
 - نوع مدل مورد استفاده بر دقت جواب‌ها تأثیر دارد و مدل با خطای تخمین کمتر مورد قبول می‌باشد.
 - ۲- محل کمان شمارش شده:
 - در صورت شمارش حجم کمانی که تعداد بیشتری عبور و مرور از طریق آن صورت می‌گیرد خطای برآورد ماتریس کمتر می‌گردد.

۳- تعداد کمان شمارش شده:

هر چه تعداد کمان شمارش شده بیشتر باشد خطای تخمین کمتر خواهد بود.

۴- روش محاسبه خطا:

با توجه به این که از چند روش برای محاسبه خطای بین داده‌های واقعی و تخمینی استفاده می‌شود، در نهایت با مقایسه آن‌ها روشی که مناسب‌تر باشد (خطاها را بهتر مقایسه کند) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۸- ساختار تحقیق:

این تحقیق در پنج فصل تنظیم شده است. در فصل اول کلیات موضوع تحقیق شامل طرح و تعریف مسئله، ضرورت و هدف انجام مطالعه و در نهایت متدولوژی تحقیق تشریح شده است. سپس در فصل دوم به مطالعات صورت گرفته در زمینه مدل‌های تخمین ماتریس مبدأ-مقصد با استفاده از شمارش حجم کمان در شبکه و معرفی مدل‌های بیشترین آنتروپی، کمترین اطلاعات، بیشترین درست‌نمایی و کمترین مربعات به همراه توضیحی بر مبانی آن‌ها پرداخته می‌شود.

در فصل سوم با استفاده از نرم‌افزار بهینه‌یابی LINGO، آنالیز شبکه ساده‌ای متشکل از هفده کمان انجام می‌گردد و نتایج اولیه برای شبکه ساده در دو حالت تخمین حجم و تخمین ماتریس تحلیل می‌گردد تا درستی فرضیه‌های بیان شده در فصل اول برای شبکه ساده بررسی گردد.

در فصل چهارم شبکه واقعی که نمونه موردی آن شهر مشهد می‌باشد با استفاده از نرم‌افزار بهینه‌یابی آنالیز خواهد شد. در این آنالیز شبکه شهر مشهد به پانزده منطقه ترافیکی تقسیم می‌شود و کمان‌هایی که شامل شریانی‌های اصلی بوده و بین این مناطق مشترک هستند را در نظر گرفته و تخمین با استفاده از این کمان‌ها انجام می‌گیرد. نتایج این آنالیز در دو حالت تخمین حجم و

تخمین ماتریس تحلیل می‌گردد تا درستی فرضیه‌های بیان شده در فصل اول برای شبکه بزرگ بررسی گردد.

در نهایت و در فصل پنجم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری نتایج به دست آمده مطرح می‌شود و همچنین پیشنهاداتی برای پژوهشگران آینده مطرح می‌گردد تا موضوع این تحقیق از جنبه‌های دیگری نیز مورد بررسی قرار گیرد.

فصل دوم:

تاریخچه تحقیق

۲- فصل دوم: تاریخچه تحقیق

۲-۱- مقدمه

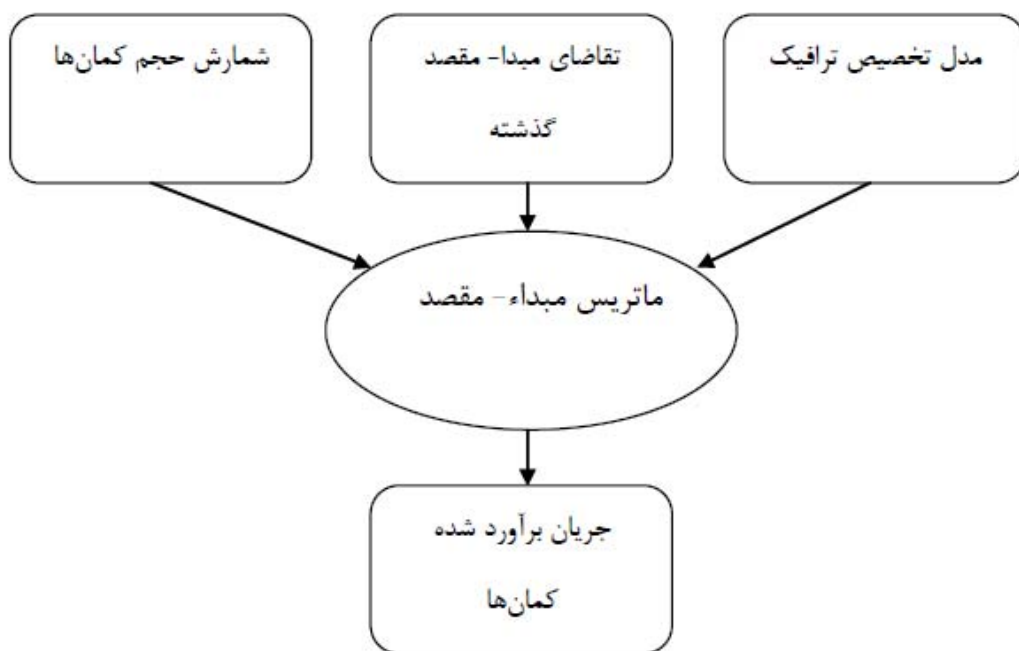
در این فصل به بررسی کارهای انجام شده در گذشته پرداخته می‌شود تا با استفاده از برخی نتایج آنها بتوان نتایج و مدل‌های بهتری را مورد استفاده قرار داد تا نتیجه مطلوب حاصل شود.

۲-۲- تعریف

مسئله مورد نظر این مطالعه را می‌توان به نوعی انجام عکس فرآیند تخصیص ترافیک نام برد. در تخصیص ترافیک با توجه به ماتریس تقاضای سفر بین زوج‌های مبدأ و مقصد و اطلاعات ساختار شبکه (گره‌ها، کمان‌ها، توابع زمان سفر-حجم) مقدار جریان در کمان‌های شبکه محاسبه می‌شود. در اینجا عکس این عمل انجام می‌شود، یعنی با استفاده از اطلاعات حجم جریان در کمان‌های شبکه و ساختار شبکه، ماتریس تقاضای مبدأ-مقصد به دست می‌آید [۳]. به بیان ساده‌تر، هدف برآورد (یا تصحیح) ماتریس تقاضای مبدأ-مقصد بر اساس اطلاعات در دسترس شبکه (حجم جریان ترافیک در کمان‌های شبکه) است. بدیهی است پس از تخصیص ماتریس مبدأ-مقصد به دست آمده بر روی شبکه، انتظار می‌رود جریان در هر کمان تقریباً برابر جریان مشاهده شده شود. لازم به ذکر است که این برابری به معنای برابری مطلق ریاضی نبوده، منظور نزدیک بودن آماری دو مقدار به یکدیگر است [۴].

برای برآورد ماتریس تقاضای مبدأ-مقصد، ورودی‌های متعددی مانند: مدل شبکه، اطلاعات ترافیکی (جریان ترافیک مشاهده شده) مدل‌های انتخاب مسیر (تعیین بهترین مسیر در شبکه براساس شرایط ترافیکی و مولفه‌های جریان) نیاز است. بنابراین، اندازه‌گیری‌های غیرمستقیم تقاضا که عمدتاً با شمارش حجم روی کمان‌ها صورت می‌گیرد برای دستیابی به برآورد یکتا ناکافی است. روش معمول برای تکمیل اطلاعات شمارش حجم کمان‌ها استفاده از اطلاعات اضافی به صورت ماتریس‌های

تقاضای پیشین است تا به این شکل الگوی تقاضای موجود مشخص گردد. هدف فرآیند تخصیص ترافیک، محاسبه سهم کمان‌ها از تقاضای مبادی و مقاصد مختلف است. شکل ۱-۲ اطلاعات ورودی اساسی و اطلاعات خروجی یک مدل برآورد تقاضای مبدأ-مقصد را نشان می‌دهد. این مدل، تقاضای مبدأ-مقصد گذشته را از پایگاه داده و جریان ترافیک مشاهده شده در کمان‌ها جمع‌آوری کرده و ماتریس‌های مبدأ-مقصد برآورد شده را در خروجی ارائه می‌دهد [۵].



شکل ۱-۲- شمایی از جریان اطلاعات در مدل عمومی برآورد ماتریس مبدأ - مقصد

در جدول ۱-۲ به طور خلاصه نمونه‌ای از تحقیقات انجام شده در زمینه مدل‌های تخمین ماتریس سفر ارائه گردیده است:

جدول ۱-۲- تحقیقات انجام شده در زمینه مدل‌های تخمین جدول سفر

نوع مدل	نام نویسنده	خلاصه مقاله
بیشترین درست‌نمایی	اسپایس [۶]	یک مدل ماکزیمم درست‌نمایی برای برآورد ماتریس‌های مبدأ-مقصد
	کسکتتا و نگوین [۷]	یک چارچوب کلی برای برآورد یا به‌روز کردن ماتریس‌های مبدأ-مقصد
	هازلتون [۸]	برآورد ماتریس‌های مبدأ-مقصد از جریان کمان در شبکه خلوت
بیشترین آنتروپی و کمترین اطلاعات	فیسک [۹]	ترکیب ماکزیمم آنتروپی برآورد ماتریس سفر با تخصیص کاربر متعادل
	ویلسون [۱۰]	مدل آنتروپی در شهر و مدل سازی منطقه ای
	چی و همکاران [۱۱]	برآوردگر ماکزیمم آنتروپی و کمترین مربعات برای برآورد ماتریس مبدأ-مقصد
	ویلیام سن [۱۲]	برآورد ماتریس مبدأ-مقصد از شمارش ترافیک
	برینیر-گوت [۱۳]	برآورد ماتریس‌های مبدأ-مقصد با استفاده از فرمول بندی برنامه ریزی چند هدفه
	روبرت [۱۴]	مقایسه الگوریتم‌ها برای برآورد پارامترهای ماکزیمم آنتروپی
	ونزوین و ویلیام سن	برآورد احتمالی ماتریس سفر از شمارش ترافیک
	یو گو [۱۶]	کشف تناقض در ترافیک شبکه با استفاده از برآورد ماکزیمم آنتروپی
	بل [۱۷]	برآورد ماتریس‌های مبدأ-مقصد به وسیله کمترین مربعات
	بیرلیر و توینت [۱۸]	یک برآورد ماتریس مبدأ-مقصد که ساختار برجسته دارد
کمترین مربعات	کسکتتا [۱۹]	برآورد ماتریس‌های سفر و مطالعه داده‌ها: یک برآورد کمترین مربعات
	نای [۲۰]	استنتاج ماتریس‌های مبدأ-مقصد با یک برآوردگر جریان مسیر کمترین مربعات
	یانگو همکاران [۲۱]	مسئله برآورد ماتریس مبدأ-مقصد کاربر متعادل
	جودی و همکاران [۲۲]	استفاده از روش‌های آماری در مسائل تئوری و عملی

۲-۳- انواع خطا در انجام کار

بسته به نوع استفاده از انواع مختلف اطلاعات، خطاهای مختلفی در فرآیند برآورد وجود خواهد داشت. خطای اول به عدم دقت یا تقریب در مدل ریاضی بر می‌گردد که رابطه بین اندازه‌گیری (شمارش حجم) و متغیرهای نامعلوم (تقاضای مبدأ-مقصد) را نشان می‌دهد، که همین امر انگیزه ارائه مدل‌های برآورد دقیق‌تر را در پژوهشگران ایجاد نموده است. منبع دوم خطا، عدم دقت در مقادیر متغیرها و پارامترهای استفاده شده در مدل تخصیص ترافیک است. منبع سوم خطا، خطای اندازه‌گیری است. نمونه روشن این خطا، خطای شمارش حجم است [۲۳].

۲-۴- تاریخچه مدل‌ها

از دهه هشتاد میلادی به این سو مدل‌های زیادی برای برآورد و بروز کردن ماتریس‌های تقاضا با استفاده از اطلاعات شمارش حجم در کمان‌ها پیشنهاد و استفاده شده است، که دقت آن‌ها وابسته به مدل مورد استفاده، داده‌های ورودی و مجموعه کمان‌های شمارش شده جهت انجام مدل‌سازی است. در این مدل‌سازی‌ها ممکن است از اصول بهینه‌سازی مختلف (مانند؛ بیشترین آنتروپی^۱، کمترین مربعات^۲ و بیشترین درست‌نمایی^۳)، محدودیت‌های جریان گوناگون (مانند: تعادل استفاده‌کننده^۴، تخصیص تناسبی^۵) و ورودی‌های متفاوت (مانند: جذب و تولید سفر، حجم ترافیک شمارش شده، زمان سفر و یا ماتریس سفر تاریخی) استفاده شود.

^۱ Maximum Entropy

^۲ Minimum Least Squares

^۳ Maximum Likelihood

^۴ User Equilibrium

^۵ Proportional Assignment

به صورت ساده فرض می‌شود که منطقه ای با N ناحیه ترافیکی وجود داشته باشد، در این صورت یک ماتریس تقاضای $N \times N$ وجود دارد که با صفر فرض کردن سفرهای درون ناحیه‌ای یا به عبارتی درایه‌های واقع در قطر اصلی ماتریس، $N^2 - N$ درایه مجهول وجود خواهد داشت که طبق یک فرآیند محاسباتی باید تخمین زده شوند. اگر فرض شود سهم سفرها از ناحیه ترافیکی i به ناحیه ترافیکی j که بر روی کمان a جریان دارد برابر P_{ij}^a باشد، حجم جاری در کمان a برابر با V_a و نیز درایه مجهول i, j ام ماتریس مبدأ مقصد برابر T_{ij} ، در این صورت به ازای شمارش بر روی هر کمان یک معادله نظیر معادله ۱-۲ وجود خواهد داشت.

$$V_a = \sum_{ij} T_{ij} P_{ij}^a \quad ; \quad (0 \leq P_{ij}^a \leq 1) \quad (1-2)$$

اگر به تعداد L ، شمارش بر روی کمان وجود داشته باشد، در اینصورت L معادله وجود دارد که در آن مقدار T_{ij} مجهول است و باید به طور همزمان محاسبه شود.

عموماً در تمامی مسائل تخمین ماتریس، تعداد معلومات (تعداد شمارش‌ها) بسیار کمتر از تعداد مجهولات (تعداد درایه‌های ماتریس مبدأ-مقصد) می‌باشد. در این حالت، تعداد ماتریس‌های به دست آمده در هر مرحله یکتا نخواهد بود و چندین ماتریس ممکن است وجود داشته باشد که مطابقت زیادی با شمارش کمان‌ها از خود نشان دهد. به منظور حل این مشکل، روش‌هایی توسعه داده شده است که معروف‌ترین آن‌ها بکارگیری مدل جاذبه و بیشترین آنتروپی می‌باشد. [۲۴].

۲-۵- مکان‌یابی شمارش کمان‌ها

تخمین ماتریس مبدأ-مقصد سفر، با استفاده از داده‌های بدست آمده از بانک‌های اطلاعاتی، بدون تردید یک راه حل قابل اطمینان در دستیابی به الگوی سفر در شبکه است. صحت نتایج حاصل از بکارگیری هر یک از روش‌های ارائه شده در تخمین ماتریس مبدأ- مقصد سفر با استفاده از شمارش‌های ترافیکی، به کمیت و کیفیت داده‌های ورودی وابسته بوده و بر این اساس بدیهی است که تعیین تعداد و محل شمارش‌گرهای ترافیک در دستیابی به تخمینی قابل قبول و با قابلیت اطمینان بالا، خود به یک پیش‌مسئله اساسی مبدل گردد. عدم توجه به این پیش مسئله سبب شده است تا مکان-یابی ادوات شمارش ترافیک اغلب بر روش‌های نمونه‌گیری تصادفی یا انتخاب‌های ذهنی و وابسته به قضاوت‌های مهندسی و محدودیت‌های ناشی از ساختار توپولوژی شبکه معابر استوار بوده و در عمل مکان‌یابی بهینه سنسورها کمتر مورد بحث و توجه قرار گیرد.

تخمین ماتریس سفر با استفاده از داده‌های حاصل از شمارش ترافیکی یک روند تخمین معکوس محسوب می‌شود. به بیان ساده این روند سعی در تخمین ماتریس سفری دارد که پس از تخصیص آن به شبکه معابر، مقادیر مشاهده شده حاصل از شمارش (بدست آمده توسط سنسورها)، در کمان‌ها بارگذاری شوند. مفهوم اساسی در این رویکرد وجود رابطه علت و معلولی میان داده‌های فعلی مشاهده شده از شمارش ترافیکی کمان‌ها و اطلاعات ماتریس سفر آینده که در شرایط فعلی قابل مشاهده نیستند، می‌باشد.

مسئله مکان‌یابی سنسورها، به منظور بهینه‌سازی تعداد و محل ایستگاه‌های جمع‌آوری اطلاعات در یک شبکه حمل و نقلی در دستیابی به اهداف و به‌روزرسانی المان‌های موجود در مباحث برنامه‌ریزی شهری و کنترل ترافیک تعریف می‌شود. این هدف در مطالعات پیش‌رو تخمین ماتریس سفر با استفاده از شمارش‌های ترافیکی می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت مکان‌یابی نقاط شمارش ترافیک به عنوان پیش‌فرآیند اصلی در مسئله تخمین ماتریس سفر مطرح است.

یانگ و زوو در سال ۱۹۹۸ باز هم با بکارگیری تئوری حداکثر خطای نسبی ممکن، یک مجموعه جامع و فراگیر، شامل چهار قانون در مکانیابی نقاط شمارش ترافیک را پیشنهاد نمودند که پایه بسیاری از مطالعات و مدل‌های توسعه‌یافته تاکنون قرار گرفته است. این چهار قانون عبارتند از [۲۵]:

(۱) قانون پوشش جفت‌ها^۱:

سهم معینی از جریان بین هر جفت ماتریس سفر می‌بایست توسط حداقل یک نقطه شمارش (سنسور) مشاهده گردد.

(۲) قانون حداکثر سهم جریان مشاهداتی^۲:

برای یک جفت مشخص، نقاط شمارش ترافیک باید به گونه‌ای قرار گیرند که حداکثر سهم جریان از آن جفت را نشان دهند.

(۳) قانون حداکثر جریان مجموع مشاهداتی^۳:

با در اختیار داشتن مجموعه‌هایی مختلف از نقاط شمارش ترافیک، مجموعه‌ای انتخاب می‌شود که بیشترین میزان سفرها را میان جفت‌ها نشان دهد.

^۱ OD Covering Rule

^۲ Maximal Flow Fraction Rule

^۳ Maximal Flow Intercepting Rule

(۴) قانون استقلال کمان‌های انتخابی^۱:

کمان‌هایی جهت استقرار نقاط شمارش ترافیک می‌بایست انتخاب شوند که جریان‌های عبوری از آن‌ها مستقل از یکدیگر باشد.

پژوهش‌های انجام گرفته بعدی، قوانین تکمیلی زیر را به این مجموعه اضافه کردند:

(۱) حداکثر جریان خالص مشاهده شده^۲: برای یک تعداد مشخص از سنسورها بایستی کمان‌هایی انتخاب شوند که حداکثر جریان خالص ممکن در آن‌ها مشاهده شود [۲۶].

(۲) قانون پوشش مسیرها^۳: باید مکان‌هایی برای قرارگیری سنسورها انتخاب شوند که تمام مسیرهای بین هر مبدأ- مقصد را پوشش دهند [۲۷].

(۳) قانون حداکثر کسر تقاضای مبدأ- مقصدی^۴: کمان‌هایی برای انتخاب مناسب‌اند که مجموع تقاضای مبدأ- مقصدی مشاهده شده در آن‌ها، بیشینه باشد [۲۸].

^۱ Link Independence Rule

^۲ Maximal Net OD Flow Captured Rule

^۳ Route Covering Rule or OD Separation Rule

^۴ Maximal OD Demand Fraction Rule

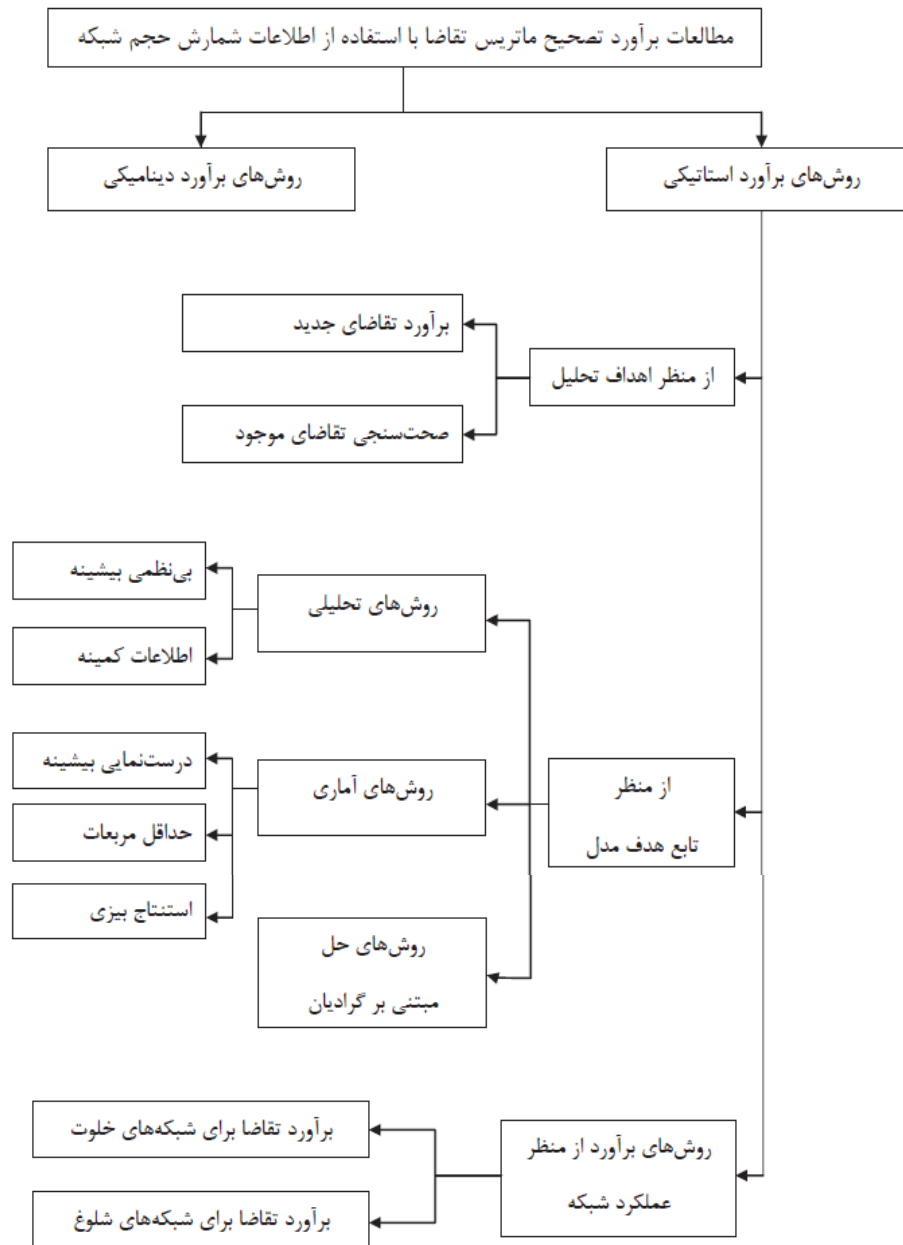
۲-۶- چهارچوب کلی مطالعات در زمینه تصحیح ماتریس تقاضا از روی حجم کمان های شبکه

مطالعات انجام شده در زمینه برآورد ماتریس مبدأ-مقصد بر اساس اطلاعات شمارش حجم کمان-های شبکه دارای گستره وسیع و انواع متفاوتی بوده و نمی توان ادعا کرد که به تمامی آن ها در این تحقیق پرداخته شده است. با این وجود، در این بخش سعی شده که چهارچوبی کلی و منظم از مطالعات بررسی شده ارائه گشته و هر یک از آن ها به تناسب تشریح شوند.

در یک چهارچوب کلی می توان مدل های برآورد ماتریس مبدأ-مقصد بر اساس اطلاعات شمارش حجم کمان ها را به دو دسته کلی روش های برآورد تقاضای استاتیکی و دینامیکی تقسیم کرد. در روش استاتیکی تقاضای سفر به زمان وابسته نیست، بنابراین تنها یک مقدار تقاضای ثابت برای کل بازه زمانی تحلیل استفاده می شود. در حالت دینامیکی، اطلاعات با تواتر زیادتری گردآوری می شود و این امر اجازه می دهد تا نوسانات تقاضا در خلال بازه تحلیل ثبت گردد. در مدل های برآورد استاتیکی، نرخ سفر بر روی یک بازه زمانی بلند (نظیر ساعت اوج، یا کل روز) و با فرض شرایط همگن در شبکه برآورد می شود و به نوسانات تقاضا در خلال زمان توجهی نمی شود. اما در مدل های برآورد دینامیکی، معمولاً فرض می شود که زمان تحلیل به چند زیر بازه تقسیم شده که هر عنصر از ماتریس مبدأ-مقصد دینامیکی بیانگر حجم سفر بین یک زوج مبدأ-مقصد خاص در یک بازه زمانی مشخص است. مدل های دینامیکی، مدل های پیچیده ای هستند که الگوی دینامیکی تقاضا، رفتار تصادفی ناسازگار رانندگان و اندرکنش سیستم عرضه و تقاضا را نیز در خود جای می دهند [۲۹].

در ادامه به مرور اجمالی ادبیات مسئله برآورد تقاضای مبدأ-مقصد از روی اطلاعات کمان های شبکه و بررسی اهداف و رویکردها، در قالب تقسیم بندی های گوناگون آن پرداخته خواهد شد. بدین منظور،

نوعی تقسیم‌بندی از این پژوهش‌ها به طور خلاصه و ساده در شکل ۲-۲ نشان داده شده است و در ادامه درباره هر یک از روش‌ها توضیحاتی داده می‌شود.



شکل ۲-۲- طبقه‌بندی‌های مختلف مطالعات برآورد ماتریس تقاضا با استفاده از اطلاعات شمارش حجم کمان‌ها

۲-۷- تخصیص ترافیک

مبحث تخصیص ترافیک گستره وسیعی را شامل می‌شود و در دو دهه گذشته تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است. از آنجا که در این پژوهش، مسئله تخصیص ترافیک به عنوان یک زیر مسئله مورد استفاده قرار خواهد گرفت، در این قسمت به بیان کلی در مسئله تخصیص پرداخته خواهد شد. عملکرد شبکه حمل و نقل به زمان سفر استفاده‌کنندگان وابسته بوده و زمان سفر هر استفاده‌کننده نیز به نحوه انتخاب مسیر او بستگی دارد.

نحوه انتخاب مسیر هر کاربر به میزان تراکم شبکه که خود تابعی از نحوه انتخاب مسیر سایرین است بستگی خواهد داشت. بنابراین برای تعیین زمان سفر هر استفاده‌کننده باید مسئله‌ای را حل کرد که هر کاربر درصدد بهینه کردن زمان سفر خود است. این مسئله، تخصیص ترافیک نام دارد.

۲-۷-۱- تخصیص نسبی

در این روش نسبت مسافرانی که یک مسیر را انتخاب می‌کنند، به ازدحام مسیر بستگی ندارد و فقط مسافر و ویژگی‌های مسیر مهم است. فرض کنید p_{ij}^a نسبتی از تقاضای زوج مبدأ- مقصد i, j که از کمان a می‌گذرد، v_a ترافیک کمان a و T_{ij} تقاضای مبدأ-مقصد باشد، آنگاه:

$$V_a = \sum_{ij} p_{ij}^a \times T_{ij} \quad (2-2)$$

۲-۷-۲- تخصیص متعادل

زمانی که تأثیر ازدحام در مسیر مهم است تخصیص متعادل یک رویکرد واقع‌بینانه است. روش-های تخصیص متعادلی که به کار می‌روند همگی باید در اولین اصل تعادل واردروپ^۱ صدق کنند. اصل تعادل واردروپ درخصوص انتخاب سفر، به عنوان یک اصل ساده و روش عملکردی برای تشریح نحوه توزیع سفرها در مسیرهای مختلف در شرایط تراکم پذیرفته شده است. اولین اصل تعادل می‌گوید سیستم ترافیک در تعادل است، اگر مسافری به مسیر دیگری انتقال یافت، با هزینه کمتری به مقصد نرسد. فرض کنید $h_1, h_2, \dots$ مسیرهای موجود در شبکه باشند و اندیس عبور مسیر k از کمان a باشد، اگر مسیر k از کمان a عبور کند اندیس آن برابر یک بوده در غیر این صورت مقدار صفر برای آن در نظر گرفته می‌شود بنابراین:

$$V_a = \sum_k \delta_k^a \times h_k \quad (۳-۲)$$

۲-۸- روش‌های تخمین ماتریس سفر

در روش‌های برآورد تقاضای مبدأ-مقصد در شبکه‌های خلوت، فرض می‌شود که زمان سفر کمان و مسیر با استفاده از مدل شبکه و مستقل از حجم ترافیک روی کمان قابل محاسبه است و بنابراین می‌توان براساس اطلاعات زمان سفر آزاد، سهم هر مسیر از میزان تقاضای مبدأ-مقصد مختلف را ابتدا محاسبه نمود و عناصر ماتریس تخصیص قابل محاسبه خواهند بود.

^۱ Wardrop

در شبکه‌های شلوغ، زمان سفر کمان‌ها به نسبت‌های انتخاب مسیر و در نتیجه نسبت‌های تخصیص به حجم جریان کمان‌ها وابسته‌اند. به طور معمول، نه زمان سفر و نه حجم برای تمامی کمان‌های شبکه موجود نیستند و این اطلاعات تنها برای برخی از کمان‌ها گردآوری می‌شوند. در مقابل، این کمیت‌ها باید با بکارگیری یک مدل تخصیص که خود به این عوامل وابسته است تعیین گردند.

۲-۷-۱- روش بیشترین آنتروپی

برای تشریح روش بیشترین آنتروپی، سیستمی متشکل از تعداد زیادی عناصر مجزا را در نظر بگیرید. توصیف کامل از چنین سیستمی نیازمند بررسی جزئیات کامل ریزحالت^۱های آن سیستم (در حد کوچک‌ترین اجزاء قابل تفکیک) است. برای مثالی مرتبط با برنامه ریزی حمل و نقل، بررسی سیستم در حد ریزحالت شامل شناسایی هر فرد سفرکننده، مبدأ و مقصد سفر، طریقه سفر، زمان و سایر خصوصیات سفر او است.

در بسیاری از موارد کاربردی، کافی است که به سیستم با دیدی کلی‌تر و عمومی‌تر و در حد جزئیات میان‌حالت نگریسته شود. در ادامه مثال قبل، بررسی در حد میان‌حالت^۲ ممکن است تنها به صورت تعداد سفر بین هر مبدأ-مقصد در نظر گرفته شود. به طور کلی ممکن است ریزحالت‌های زیاد و متفاوتی، میان‌حالت یکسانی را ایجاد کنند. به عنوان مثال دو فرد که در یک ناحیه ترافیکی ساکن هستند ممکن است مقاصد سفر خود را با یکدیگر عوض کنند. در این حالت در ریزحالت سیستم تغییر به وجود می‌آید ولی شرایط میان حالت حفظ می‌گردد. غالباً سطح بالاتری نیز برای تعمیم و

^۱ Micro State

^۲ Meso State

کلی‌نگری به سیستم وجود دارد که به آن کلان‌حالت^۱ گفته می‌شود. به عنوان مثال، تعداد کل سفرهایی که از یک کمان خاص در شبکه عبور می‌کنند و با کل تعداد سفرهایی که در یک ناحیه تولید و یا به آن جذب می‌شوند.

به منظور دستیابی به شاخص‌های قابل اعتماد در بررسی فعالیت سفرکنندگان، اغلب ساده‌تر است که مشاهدات در سطح کلان‌حالت‌ها که از درجه زیادی از کلی‌نگری برخوردار هستند به انجام رسد. در حقیقت اکثر اطلاعات موجود از سیستم جابجایی‌ها در این سطح قرار دارد. به این طریق به علت افزایش عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های در سطح جزئی، برآوردها در مورد آینده معمولاً به توصیفاتی در حد کلان‌حالت محدود می‌شود. به عنوان مثال، پیش‌بینی جمعیت در یک ناحیه ساده‌تر از پیش‌بینی تعداد خانوارهای ساکن در آن ناحیه است که از یک طبقه خاص هستند.

مبنای روش بیشترین آنتروپی، پذیرفتن این قضیه است که احتمال وقوع تمامی ریزحالت‌های سازگار با کلان‌حالت‌های در نظر گرفته شده در مسئله یکسان است، مگر اینکه اطلاعاتی بر خلاف این امر وجود داشته باشد. در حقیقت، این یک فرض عقلانی است که به‌وسیله آن از جزئی‌نگری در سطح ریزحالت و میان‌حالت صرف‌نظر می‌شود. یک راه حل مناسب برای اعمال سازگاری ریزحالت‌ها و میان‌حالت‌ها با اطلاعات موجود در مورد کلان‌حالت‌ها، بیان اطلاعات به شکل قیدهای برابری در یک برنامه ریاضی است [۳۰]. از آنجا که در فرآیند برنامه‌ریزی حمل و نقل نوعاً به توصیف سیستم در حد میان‌حالت (فرضاً تعداد سفر مبادله شده بین مبدأ-مقصد) نیاز است، آن دسته از میان‌حالت‌هایی که دارای بیشترین سطح احتمال هستند (به واقعیت نزدیک‌تر هستند) با در نظرگیری قیدهایی در مورد

^۱ Macro State

کلان‌حالت‌ها (فرضاً تردد در سطح معابر شبکه) شناسایی می‌شوند. ویلسون در سال ۱۹۷۰ [۳۱] به معرفی مفهوم و مدل آنتروپی پرداخته است و بیشترین جابجایی داده‌های موجود را آنالیز کرده تا به توزیع احتمالی یکسانی برسد. وی رابطه ذیل را برای این مدل در نظر گرفت:

$$W = \frac{TN!}{\prod_{ij} T_{ij}!} \quad (۴-۲)$$

که در این رابطه:

TN: تعداد کل سفرها

t_w: سفرهای انجام شده بین هر مبدأ و مقصد

برای سهولت می‌توان بجای استفاده از W از تابعی یکنواخت مانند log W استفاده نمود. لذا می‌توان نوشت:

$$\log W = \log \frac{T!}{\prod_{ij} T_{ij}!} = \log T! - \sum_{ij} \log T_{ij}! \quad (۵-۲)$$

طبق تقریب استرلینگ می‌توان نوشت:

$$\ln X! = X \ln X - X \quad (۶-۲)$$

با استفاده از این تقریب، بهینه‌سازی با سهولت بیشتری انجام خواهد شد. بنابراین:

$$\log W = \log T! - \sum_{ij} (T_{ij} \log T_{ij} - T_{ij}) \quad (۷-۲)$$

جمله log T! یک عدد ثابت است و معمولاً می‌توان آن را از مسئله بهینه‌سازی حذف نمود. مابقی معادله فوق به‌صورت رابطه ذیل نوشته می‌شود و به‌عنوان تابع آنتروپی شناخته می‌شود.

$$F_1(T, t) = - \sum T_{ij} (\log T_{ij} - 1) \quad (8-2)$$

در صورتی که اطلاعات سفر پیشین در اختیار باشد رابطه ۸-۲ به صورت ذیل بازنگری می‌شود:

$$F_1(T, t) = - \sum T_{ij} (\log T_{ij}/t_{ij}) - T_{ij} + t_{ij} \quad (9-2)$$

که در آن:

F: تابع هدف

T_{ij} : کل سفر آینده

t_{ij} : کل سفر پیشین

۲-۷-۲- مدل کمترین اطلاعات

هنگامی که اطلاعات و پیش‌نیازهای کاملی از قبیل حجم کمان‌های شبکه، زمان سفر هر کمان و... برای تخمین ماتریس سفر در دسترس باشد می‌توان ماتریس سفر نهایی قطعی را پیش‌بینی کرد. در بعضی مواقع که هیچ اطلاعات اولیه برای تخمین در دسترس نمی‌باشد پیش‌بینی و تخمین ماتریس سفر با خطای زیادی همراه خواهد بود. هدف از تخمین این است که بتوان با کمترین اطلاعات لازم ماتریس سفر را با خطای قابل قبول تخمین زد که از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهد بود. لذا به مدلی که ماتریس از این روش به دست می‌آید مدل کمترین اطلاعات گفته می‌شود.

روش بیشترین آنتروپی از قاعده کمترین اطلاعات گرفته شده است که در سال ۱۹۷۸ توسط ون زویلن به صورت ذیل بیان شد [۳۲]:

$$F_1(g, \hat{g}) = \sum g_{ij} (\log \frac{g_{ij}}{\hat{g}_{ij}} - 1) \quad (10-2)$$

که در آن:

F : تابع هدف ؛ g_{ij} : کل سفر آینده ؛ $\hat{g}_{ij}$: کل سفر پیشین

در رابطه فوق اگر ماتریس اولیه‌ای در دسترس نباشد تمامی مقادیر آن را یکسان در نظر گرفته و یا با در نظر گرفتن وزن یکسان برای ماتریس اولیه رابطه فوق به رابطه آنتروپی تبدیل خواهد شد.

۲-۷-۳- مدل بیشترین درستنمایی

این روش یکی از قدیمی‌ترین و پر اهمیت ترین روش‌ها در نظریه برآورد است. فرض کنید I مجموعه‌ای از مبداها، J ، مجموعه‌ای از مقصدها و $R=I, J$ مجموعه‌ای از جفت‌های مبدأ-مقصد باشد.

برای هر جفت مبدأ-مقصد، ماتریس هدف $\hat{g}$ به وسیله مشاهدات یک فرآیند پواسون با میانگین به دست آمده است که احتمال مشاهده به صورت زیر است:

$$prob = \frac{(\rho_r g_r)^{\hat{g}_r} \times e^{-\rho_r g_r}}{\hat{g}_r!} \quad (11-2)$$

اکنون از طرفین لگاریتم می‌گیریم، چون لگاریتم یک تابع صعودی است، پس ماکزیمم کردن این رابطه با ماکزیمم کردن لگاریتم آن برابر است.

$$\max \sum (\hat{g}_r \log(\rho_r g_r) - \rho_r g_r - \log \hat{g}_r!) \quad (12-2)$$

با صرف نظر کردن از مقادیر ثابت، می‌توان مسئله ماکزیمم احتمال را به صورت زیر فرمول‌بندی کرد [۳۳]:

$$F_1(g, \hat{g}) = -\sum (\rho_i g_{ij} - g_{ij} \log \hat{g}_{ij}) \quad (13-2)$$

که در آن:

F : تابع هدف ؛ ρ_i : ضریب پواسون

g_{ij} : کل سفر آینده ؛ $\hat{g}_{ij}$: کل سفر پیشین

۲-۷-۴- مدل کمترین مربعات

یکی از عمومی‌ترین و رایج‌ترین روش‌هایی که تاکنون استفاده شده روش کمترین مربعات می‌باشد که در بسیاری از مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفته و رابطه آن از قرار ذیل می‌باشد [۳۴]:

$$F_r(T, \hat{T}) = \sum (T_{ij} - \hat{T}_{ij})^2 \quad (14-2)$$

این امکان وجود دارد که تعیین وزن مخصوصی برای مسائل تک‌هدفی لازم باشد. یکی از روش‌های انتخاب وزن‌دهی معیار راستی‌آزمایی و قابلیت اعتماد داده‌های مشاهده شده می‌باشد. بنابراین در این روش از واریانس بین داده‌ها استفاده کرده و فرمول کمترین مربعات به صورت ذیل خواهد شد:

$$F_r(T, \hat{T}) = \sum \frac{1}{\sigma_a^2} (T_{ij} - \hat{T}_{ij})^2 \quad (15-2)$$

از این روش نیز در مدل‌های مختلفی توسط افرادی از جمله: کری (۱۹۸۱)، کاسکتا (۱۹۸۴)، مک نیل و هندریکسون (۱۹۸۵)، اسپایس (۱۹۹۰)، بیرلایر و توینت (۱۹۹۵)، فلورین و چن (۱۹۹۵)، ماهر و ژانگ (۱۹۹۹)، بیانسو (۲۰۰۱)، کاسکتا و پوستورینو (۲۰۰۱)، ماهر (۲۰۰۱)، کودینا و بارسلو (۲۰۰۴)، دوبلاس و بنیتز (۲۰۰۵) و نیه (۲۰۰۵) استفاده شده است.

فصل سوم:

روش‌شناسی و

آنالیز شبکه اولیه

۳- فصل سوم: روش‌شناسی و آنالیز شبکه اولیه

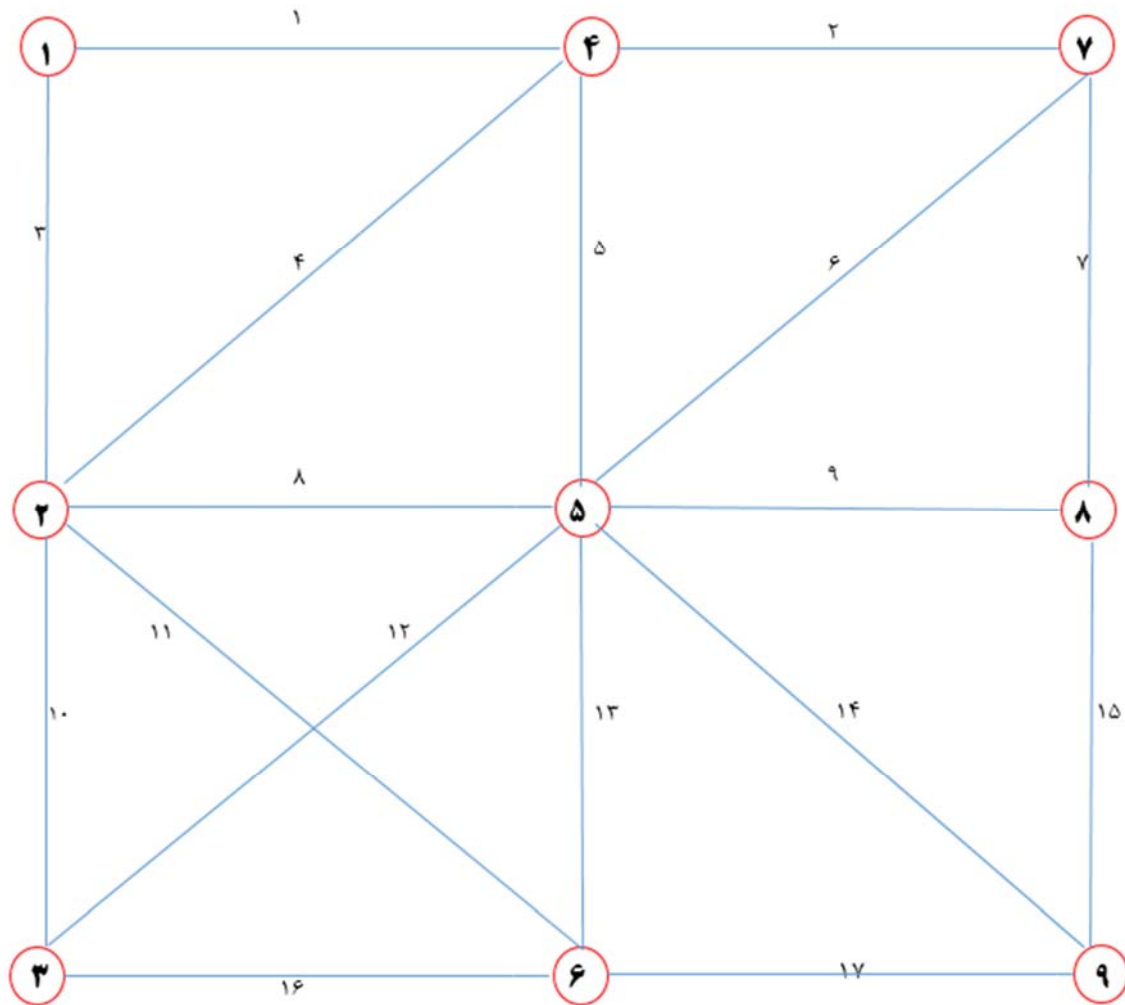
۳-۱- مقدمه

با توجه به بررسی‌های انجام شده در مقالات مختلف مشاهده شد که محققان مختلف [۳۵،۳۶،۳۷] قبل از بررسی شبکه نهایی خود به تجزیه و تحلیل شبکه‌های اولیه پرداختند تا با بررسی نتایج به دست آمده از شبکه کوچک بتوان نقاط قوت و ضعف مدل‌ها را مشخص کرد و درباره دقت آن‌ها قضاوت نمود.

در این تحقیق نیز شبکه اولیه‌ای مبتنی بر ۳ مبدأ، ۳ مقصد و ۱۷ کمان مورد بررسی قرار خواهد گرفت و نتایج حاصل از تحلیل حساسیت‌ها را به دست آورده و پس از مقایسه آن‌ها با نتایج حاصل از تحلیل شبکه شهر مشهد در فصل آخر به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری نهایی پرداخته خواهد شد.

۳-۲- معرفی شبکه اولیه

با توجه به فرضیه‌هایی که در فصل اول بیان شد برای آنکه راستی‌آزمایی آن‌ها مورد سنجش قرار گیرد ماتریس مبدأ - مقصد را بر روی شبکه فرضی متشکل از سه مبدأ و سه مقصد با استفاده از روش شمارش حجم کمان تخمین زده و نتایج آن مورد بررسی و آنالیز قرار می‌گیرد. شبکه مورد نظر به صورت شکل ۳-۱ می‌باشد و شماره هر کمان نیز بر روی شبکه مشخص شده است.



شکل ۳-۱- شبکه فرضی اولیه

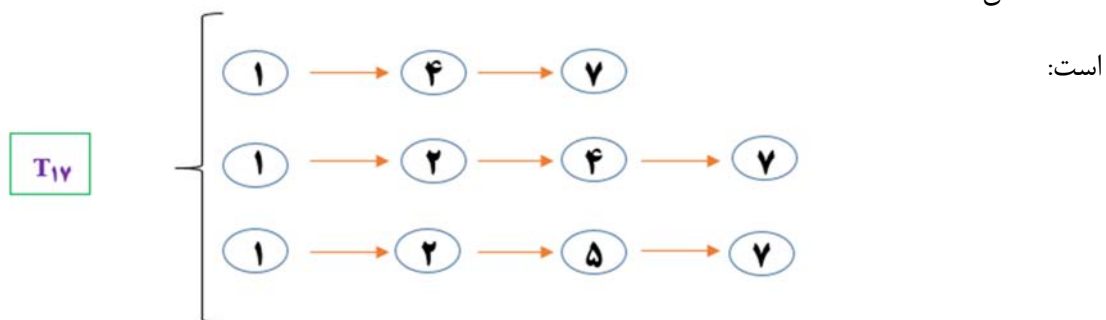
در جدول ۳-۱ مقادیر زمان اولیه و ظرفیت در نظر گرفته شده برای هر کمان مشخص شده است:

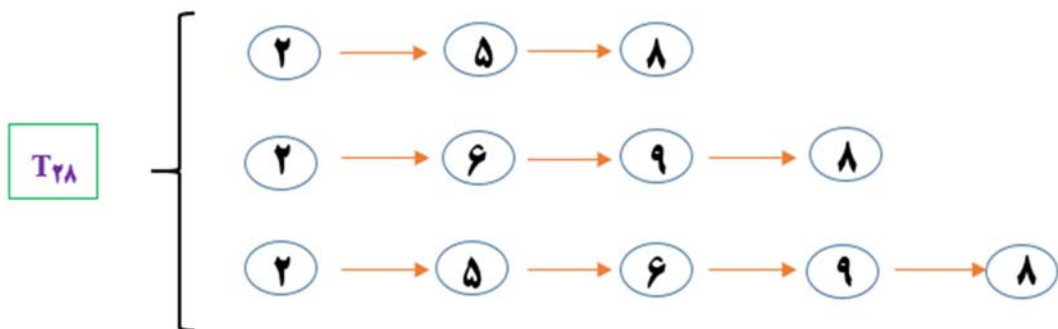
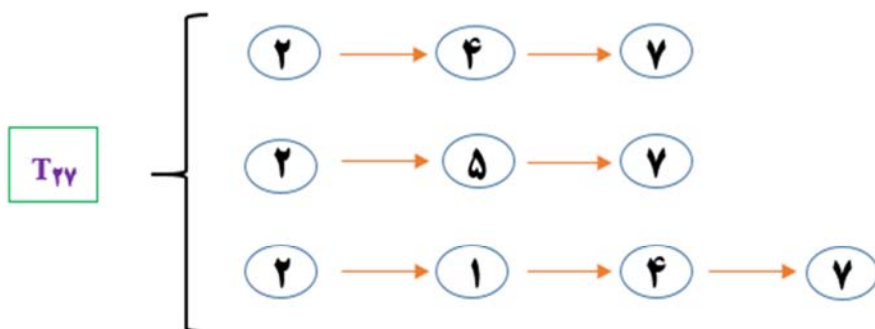
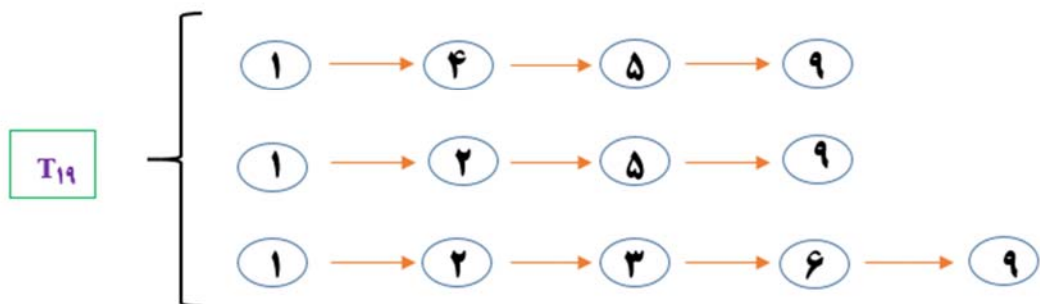
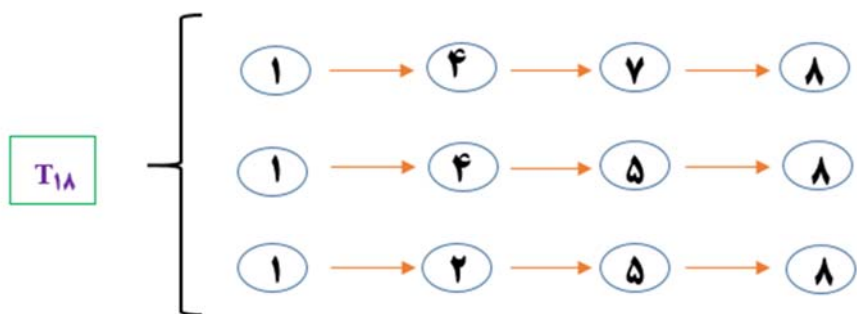
جدول ۳-۱- زمان و ظرفیت شبکه اولیه

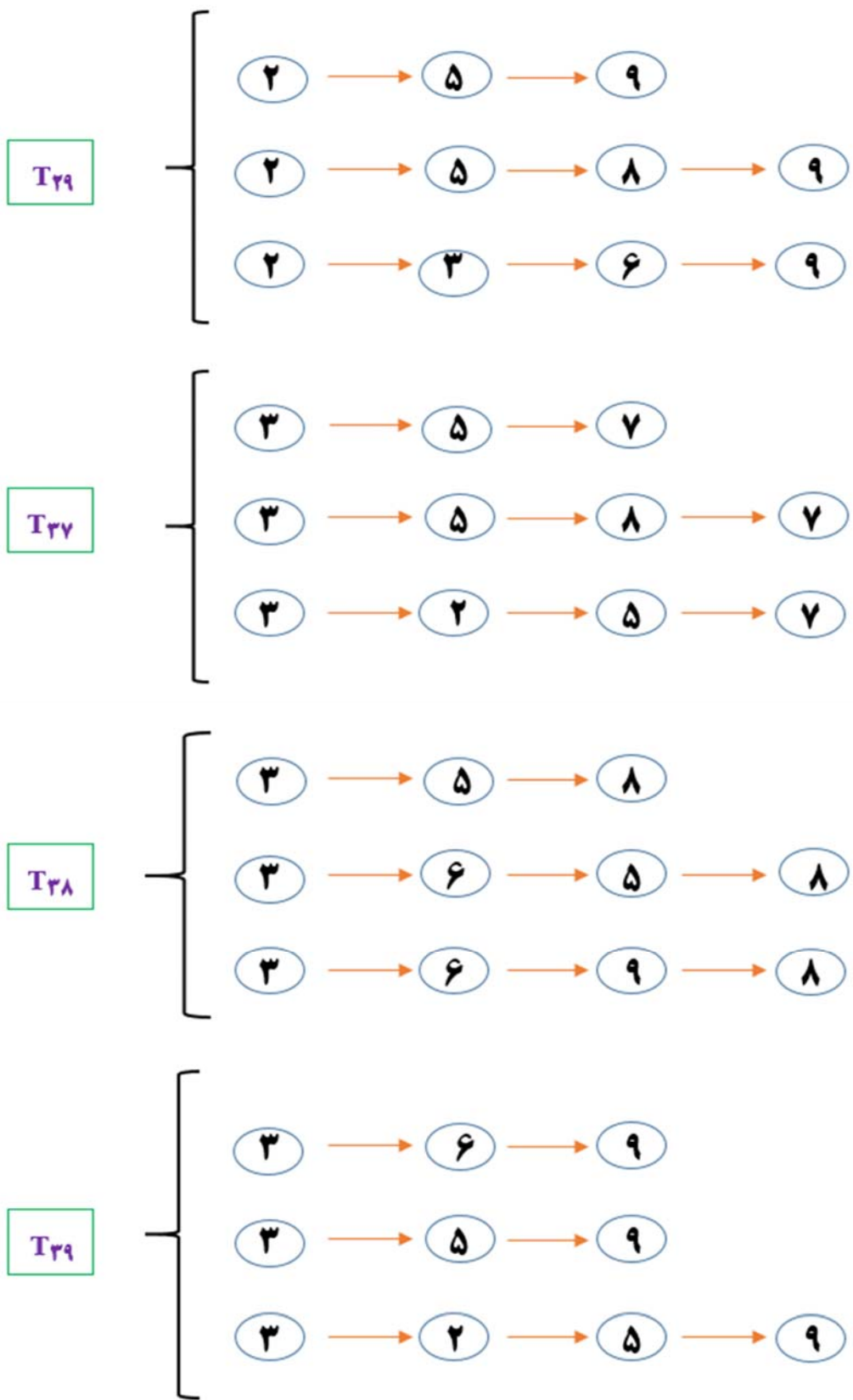
شماره کمان	زمان اولیه (t.) (ثانیه)	ظرفیت (Q) (وسیله نقلیه در ساعت)
۱	۷۵	۱۸۰۰
۲	۷۵	۱۸۰۰
۳	۶۵	۲۱۰۰
۴	۹۰	۲۴۰۰
۵	۶۰	۱۵۰۰
۶	۹۰	۲۴۰۰
۷	۶۰	۱۵۰۰
۸	۷۵	۱۸۰۰
۹	۷۵	۱۸۰۰
۱۰	۶۰	۱۵۰۰
۱۱	۹۰	۲۴۰۰
۱۲	۹۰	۲۴۰۰
۱۳	۶۰	۱۵۰۰
۱۴	۹۰	۲۴۰۰
۱۵	۶۰	۱۵۰۰
۱۶	۷۵	۱۸۰۰
۱۷	۷۵	۱۸۰۰

در شبکه مورد نظر گره‌های ۱، ۲ و ۳ به عنوان مبدأ و گره‌های ۷، ۸ و ۹ به عنوان گره‌های مقصد در نظر گرفته شده‌اند و سه مسیر برای هر مبدأ- مقصد در نظر گرفته شده است که این مسیرها در

ادامه نشان داده شده







۳-۳- محاسبات تخمین ماتریس سفر

با توجه به اطلاعات فوق به محاسبه زمان و ضریب زمان هر کمان پرداخته تا حجم هر یک از کمان‌های شبکه به دست آید. برای تعیین حجم نهایی تکرار تا مرحله‌ای که نتایج به هم نزدیک و همگرا شوند، انجام می‌گردند. روابط مورد استفاده در این قسمت به صورت ذیل می‌باشد:

$$t = t_0 \times [1 + 0.15 (\frac{V}{Q})^4] \quad (۱-۳)$$

$$P_{ijl} = \frac{t_l}{\sum t_l} \quad (۲-۳)$$

$$V_a = \sum_{ij} p_{ij}^a \times T_{ij} \quad (۳-۳)$$

که در آن:

t = متوسط زمان سفر برای طی یک کیلومتر از طول راه (بر حسب دقیقه)

t_0 = متوسط زمان سفر آزاد برای طی یک کیلومتر از طول راه (بر حسب دقیقه)

V = حجم جریان ترافیک (بر حسب وسیله نقلیه همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور در ساعت)

Q = ظرفیت عملی (بر حسب وسیله نقلیه همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور در ساعت)

T_{ij} = کل سفرهای بین i و j

P_{ijl} = ضریب تخصیص کمان

برای اینکه بتوان زمان صرف شده هر کمان را محاسبه کرد بایستی حجم عبوری از آن را معلوم باشد. بنابراین برای این کار یک ماتریس سفر اولیه را در نظر گرفته و در تکرار اول با فرض اینکه حجم مبدأ - مقصد به صورت مساوی بین مسیرها تقسیم می شود مقدار زمان را به دست آورده و در تکرار بعد با حجم جدید به دست آمده مقدار زمان صرف شده را محاسبه و دوباره حجم کمان از طریق رابطه فوق به دست می آید.

ماتریس مبدأ - مقصد اولیه در نظر گرفته شده به صورت ذیل می باشد:

جدول ۳-۲- جدول سفر فرضی شبکه اولیه

D \ O	۷	۸	۹	مجموع
۱	۱۲۰۰	۲۱۰۰	۳۰۰۰	۶۳۰۰
۲	۱۸۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۴۵۰۰
۳	۱۸۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰	۴۵۰۰
مجموع	۴۸۰۰	۴۸۰۰	۵۷۰۰	۱۵۳۰۰

به عنوان نمونه مقدار T_{17} برابر ۱۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در نظر گرفته شده است که در تکرار اول با توجه به اینکه برای هر مبدأ- مقصد سه مسیر در نظر گرفته شده است، این حجم به طور مساوی بین مسیرها اختصاص می یابد که سهم هر مسیر ۴۰۰ وسیله نقلیه در ساعت می شود و پس از آن زمان، و در نهایت ضریب تخصیص محاسبه می شود تا حجم جدید به دست آید. در ادامه محاسبات مربوط به مسیر ۱ به ۷ نشان داده شده و در انتها نتایج کلی در قالب جدول قابل مشاهده می باشد.

با توجه به مسیرهای در نظر گرفته شده برای T_{17} مسیر اول از کمان های شماره ۱ و ۲، مسیر دوم از کمان های ۴ و ۳، مسیر سوم از کمان های ۳ و ۵ و ۶ عبور می کند که در هر مسیر حجم تردد برابر ۴۰۰ وسیله نقلیه در ساعت می باشد و با توجه به جدول قبل که مقدار ظرفیت و زمان اولیه هر کمان

در آن درج شده است. حال زمان صرف شده برای کمان‌هایی که از آن‌ها جریان عبور کرده است، محاسبه می‌شود.

توجه: اگر کمانی دو بار جریان از آن عبور نماید حجم آن برابر 2×400 می‌باشد.

$$t_1 = 75 \times \left[1 + 0.15 \left(\frac{400}{1800} \right)^4 \right] = 75 \quad ; \quad t_2 = 75 \times \left[1 + 0.15 \left(\frac{800}{1800} \right)^4 \right] = 75$$

$$t_3 = 65 \times \left[1 + 0.15 \left(\frac{800}{2100} \right)^4 \right] = 65 \quad ; \quad t_4 = 90 \times \left[1 + 0.15 \left(\frac{400}{2400} \right)^4 \right] = 90$$

$$t_5 = 90 \times \left[1 + 0.15 \left(\frac{400}{2400} \right)^4 \right] = 90 \quad ; \quad t_6 = 75 \times \left[1 + 0.15 \left(\frac{400}{1800} \right)^4 \right] = 75$$

حال ضریب تخصیص برای هر کمان محاسبه می‌شود:

$$t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 470/7$$

$$P_{17,1} = \frac{75}{470/7} = 0.159 \quad ; \quad P_{17,2} = \frac{75}{470/7} = 0.160 \quad ; \quad P_{17,3} = \frac{65}{470/7} = 0.139$$

$$P_{17,4} = \frac{90}{470/7} = 0.191 \quad ; \quad P_{17,5} = \frac{90}{470/7} = 0.191 \quad ; \quad P_{17,6} = \frac{75}{470/7} = 0.159$$

مقدار حجم هر کمان برابر است با:

$$V_1 = 1200 \times 0.159 = 191 \quad ; \quad V_2 = 1200 \times 0.160 = 192$$

$$V_3 = 1200 \times 0.139 = 166 \quad ; \quad V_4 = 1200 \times 0.191 = 229$$

$$V_5 = 1200 \times 0.191 = 229 \quad ; \quad V_6 = 1200 \times 0.159 = 191$$

به همین ترتیب یک تکرار دیگر نیز با حجم های جدید انجام داده و برای سایر مقصدها نیز به

این صورت محاسبات را تکمیل کرده که نتایج آن ها به صورت جدول ذیل می باشد:

جدول ۳-۳- محاسبات حجم مربوط به $T_{17} = 1200$

شماره کمان	Q	V.	t.	t	P _{ijl}	V	تکرار دوم				V.	t	P _{ijl}	V
۱	۱۸۰۰	۴۰۰	۷۵	۷۵	۰/۱۵۹	۱۹۱					۱۹۱	۷۵	۰/۱۶۰	۱۹۱
۲	۱۸۰۰	۸۰۰	۷۵	۷۵	۰/۱۶۰	۱۹۲					۱۹۲	۷۵	۰/۱۶۰	۱۹۱
۳	۲۱۰۰	۸۰۰	۶۵	۶۵	۰/۱۳۹	۱۶۶					۱۶۶	۶۵	۰/۱۳۸	۱۶۶
۴	۲۴۰۰	۴۰۰	۹۰	۹۰	۰/۱۹۱	۲۲۹					۲۲۹	۹۰	۰/۱۹۱	۲۳۰
۶	۲۴۰۰	۴۰۰	۹۰	۹۰	۰/۱۹۱	۲۲۹					۲۲۹	۹۰	۰/۱۹۱	۲۳۰
۸	۱۸۰۰	۴۰۰	۷۵	۷۵	۰/۱۵۹	۱۹۱					۱۹۱	۷۵	۰/۱۶۰	۱۹۱

جدول ۳-۳ نتایج محاسبه حجم کمان های عبوری بین گره های شماره ۷ و ۱ را نشان می دهد که با

معلوم بودن زمان سفر آزاد، حجم عبوری و ظرفیت کمان هایی که تردد در آنها انجام شده است، زمان

سفر هر کمان با استفاده از رابطه ۱-۳ محاسبه گردید که به دلیل حجم عبوری کم نسبت به ظرفیت

هر کمان زمان سفر به دست آمده با زمان سفر آزاد کمان تقریباً برابر می گردد، نتیجه این امر به دست

آمدن حجم های تردد نزدیک به هم (اختلاف کمتر از ۱۰ درصد) در دو مرحله می باشد، لذا حجم

مرحله دوم به عنوان حجم نهایی کمان در مسیر ۱ به ۷ در نظر گرفته می شود.

جدول ۳-۴- محاسبات حجم مربوط به $T_{18} = 2100$

تکرار اول											
شماره کمان	Q	V.	t.	t	P _{ijl}	V	تکرار دوم				
۱	۱۸۰۰	۱۴۰۰	۷۵	۷۹	۰/۱۶۰	۳۳۶	۳۲۵	P _{ijl}	t	V.	t
۲	۱۸۰۰	۷۰۰	۷۵	۷۵	۰/۱۵۲	۳۱۹	۳۲۵	۰/۱۵۵	۷۵	۳۱۹	۷۵
۳	۲۱۰۰	۷۰۰	۶۵	۶۵	۰/۱۳۲	۲۷۶	۲۸۱	۰/۱۳۴	۶۵	۲۷۶	۶۵
۵	۱۵۰۰	۷۰۰	۶۰	۶۰	۰/۱۲۲	۲۵۷	۲۶۰	۰/۱۲۴	۶۰	۲۵۷	۶۰
۷	۱۵۰۰	۷۰۰	۶۰	۶۰	۰/۱۲۲	۲۵۷	۲۶۰	۰/۱۲۴	۶۰	۲۵۷	۶۰
۸	۱۸۰۰	۷۰۰	۷۵	۷۵	۰/۱۵۲	۳۱۹	۳۲۵	۰/۱۵۵	۷۵	۳۱۹	۷۵
۹	۱۸۰۰	۱۴۰۰	۷۵	۷۹	۰/۱۶۰	۳۳۶	۳۲۵	۰/۱۵۵	۷۵	۳۳۶	۷۵

جدول ۳-۴ نتایج محاسبه حجم کمان‌های عبوری بین گره‌های شماره ۱ و ۸ را نشان می‌دهد که با معلوم بودن زمان سفر آزاد، حجم عبوری و ظرفیت کمان‌هایی که تردد در آنها انجام شده است، زمان سفر هر کمان با استفاده از رابطه ۳-۱ محاسبه گردید که به دلیل حجم عبوری کم نسبت به ظرفیت هر کمان زمان سفر به دست آمده با زمان سفر آزاد کمان تقریباً برابر می‌گردد، نتیجه این امر به دست آمدن حجم‌های تردد نزدیک به هم (اختلاف کمتر از ۱۰ درصد) در دو مرحله می‌باشد، لذا حجم مرحله دوم به عنوان حجم نهایی کمان در مسیر ۱ به ۷ در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به توضیحات فوق حجم سایر مسیرها نیز به همین ترتیب محاسبه گردید. حجم نهایی هر کمان در کل مسیرها از مجموع حجم تک تک مسیرها به دست می‌آید که در ادامه نشان داده شده است.

برای محاسبه حجم نهایی هر یک از ۱۷ کمان شبکه مورد بررسی به این صورت عمل می‌شود که برای هر کمان (به عنوان مثال کمان شماره ۱)، حجم نهایی کمان در جداول فوق (در صورت وجود) باهم جمع می‌شود. به عنوان نمونه حجم کمان‌های ۱ و ۲ در ادامه محاسبه شده است:

$$V_1 = 191 + 325 + 346 + 287 = 1150$$

$$V_2 = 191 + 325 + 287 = 803$$

و به همین ترتیب برای سایر کمان‌ها نیز حجم عبوری از آن‌ها به دست خواهد آمد که در جدول ۵-۳ قابل مشاهده می‌باشند.

جدول ۵-۳- حجم کمان‌های شبکه

شماره کمان	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
تعداد عبور	۵	۵	۶	۲	۲	۴	۲	۱۰	۷	۴	۱	۴	۲	۴	۴	۵	۶
حجم کمان	۱۱۵۰	۸۰۳	۹۹۶	۵۷۴	۵۳۷	۹۳۴	۵۰۰	۲۰۷۱	۱۳۱۱	۸۴۸	۲۴۸	۹۰۳	۳۷۲	۹۱۲	۵۴۹	۱۰۱۹	۱۲۲۶

با توجه به جدول فوق و نظر به این که در محاسبه حجم کمان‌ها بین هر مبدأ-مقصد نتایج تکرارها به هم نزدیک بودند و خطای آن‌ها کمتر از ۱۰ درصد بود لذا جدول ۵-۳ را به عنوان حجم‌های نهایی هر کمان در نظر گرفته و محاسبات با آن‌ها انجام خواهد شد.

در ادامه با استفاده از چهار مدل کمترین مربعات، کمترین اطلاعات، بیشترین آنتروپی و بیشترین درست‌نمایی و قیدهایی که برای پیش‌بینی حجم کمان در نظر گرفته شده است به آنالیز شبکه پرداخته می‌شود. برای تحلیل شبکه ابتدا ماتریس اولیه مبدأ - مقصد را واحد در نظر گرفته و نتایج بر اساس آن به دست می‌آید.

برای حل مدل‌های بهینه‌یابی فوق نیاز به استفاده از نرم‌افزار کلان‌نگر VISUM و یا استفاده از نرم‌افزار LINGO می‌باشد که با توجه به محدودیت استفاده از نرم‌افزار کلان‌نگر، شبکه اولیه با استفاده از نرم‌افزار LINGO۱۷ بررسی شد که نتایج این بررسی در ادامه آورده شده است.

معلومات اولیه‌ای که به برنامه داده شد عبارتند از:

- ✓ ماتریس اولیه T_{ij}
 - ✓ ماتریس ضرایب زمان (p_{ijl}) برای هر کمان
 - ✓ سفرهای تولید و جذب شده
 - ✓ معادلات مربوط به مدل‌های تخمین ماتریس مبدأ- مقصد
 - ✓ معلوم بودن حجم یک کمان که در ۱۷ حالت بررسی می‌شود.
 - ✓ معلوم بودن حجم دو کمان که بر مبنای تعداد عبور بیشتر به دست می‌آید.
 - ✓ معلوم بودن حجم سه کمان
 - ✓ معلوم بودن حجم چهار کمان
- همچنین فرمول محاسبه حجم هر کمان نیز به روش تخصیص نسبی به برنامه داده می‌شود:

$$V_a = \sum_{ij} p_{ij}^a \times T_{ij}$$

با وارد کردن هر کدام از معلومات فوق می‌توان موارد ذیل را با استفاده از خروجی‌های به دست آمده از نرم‌افزار آنالیز کرد:

✓ انتخاب مدل مورد استفاده

دقت مدل تخمین ماتریس سفر به عوامل مختلفی مانند تعداد کمان شمارش شده معلوم، ماتریس اولیه سفر، اندازه شبکه بستگی دارد.

✓ محل بهینه شمارش کمان

در صورت شمارش حجم کمانی که تعداد بیشتری عبور و مرور از طریق آن صورت می‌گیرد خطای برآورد ماتریس کمتر می‌گردد.

✓ تعداد کمان شمارش شده بهینه

هر چه تعداد کمان شمارش شده بیشتر باشد خطای تخمین کمتر خواهد بود.

۳-۴- نتایج آنالیز و تحلیل شبکه:

در این بخش هر یک از مدل‌ها در شرایط متفاوت استفاده شد و مقدار خطا در هر مورد نیز محاسبه گردید. حال به بررسی عملکرد مدل‌ها و حساسیت آن‌ها نسبت به متغیرهای مختلف پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که از یک مثال نمی‌توان جهت اثبات مطلبی نتیجه‌گیری کرد اما در صورت تعدد مثال‌ها و تکرار نتایج مشابه، این استنتاج اعتبار بیشتری دارد.

نتایج حاصل از تحلیل شبکه با استفاده از نرم‌افزار و با حالت‌های مختلف معلوم بودن حجم کمان‌های شبکه محاسبه شد که روش مجذور متوسط مربعات خطا^۱ (RMSE) برای محاسبه خطا در نظر گرفته شد. در ادامه رابطه مربوط به روش RMSE آمده است [۳۸]:

^۱ Root Mean Square Error

$$RMSE(\%) = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum (T_w - t_w)^2}}{\frac{1}{N} \sum T_w} \times 100 \quad (4-3)$$

که در آن:

T_w = ماتریس سفر اولیه

t_w = ماتریس سفر تخمینی

N = تعداد درایه‌های ماتریس سفر

محدوده تغییرات این متغیر در مطالعات مختلف جهانی بین ۲۲٪ تا ۵۰٪ است [۳۹،۴۰،۴۱].

جدول ۳-۱۳ نتایج تخمین ماتریس مبدأ-مقصد را بدون قید، با قید کمان ۱ و قید کمان ۲ نشان می‌دهد. به دلیل حجم بالای جداول به همین سه نمونه اکتفا شده است.

جدول ۳-۶- نمونه نتایج تخمین ماتریس سفر با یک شمارش حجم

شماره درایه	تقاضای سفر واقعی	تقاضای تخمینی بدون قید	RMSE %	تقاضای تخمینی با قید کمان ۱	RMSE %
۱	۱۲۰۰	۱۹۳۷	۲۳/۵	۱۶۹۹	۳۰/۲
۲	۲۱۰۰	۱۹۳۷		۲۰۸۲	
۳	۳۰۰۰	۲۴۲۵		۲۵۱۹	
۴	۱۸۰۰	۱۴۳۱		۱۷۸۲	
۵	۱۲۰۰	۱۴۳۱		۱۲۷۸	
۶	۱۵۰۰	۱۶۳۷		۱۴۴۰	
۷	۱۸۰۰	۱۴۳۱		۱۳۱۹	
۸	۱۵۰۰	۱۴۳۱		۱۴۴۰	
۹	۱۲۰۰	۱۶۳۷		۱۷۴۱	

همانطور که ملاحظه می‌شود در حالت‌های بدون شمارش حجم و شمارش حجم کمان ۱ مقدار خطای به دست آمده در بازه ۲۲٪ تا ۵۰٪ می‌باشد که می‌توان نتیجه گرفت تخمین قابل قبول خواهد بود.

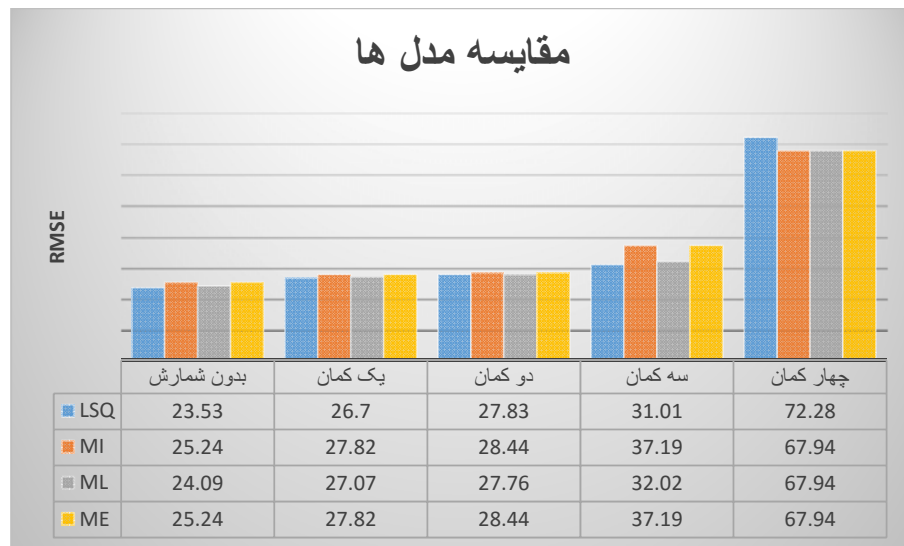
در جدول ۳-۷ نتایج خطای تخمین هر کدام از مدل‌ها نشان داده شده است.

جدول ۳-۷- خطای RMSE تخمین ماتریس در هر مدل (درصد)

کمان شمارش شده	روش حداقل مربعات	روش حداقل اطلاعات	روش بیشترین درستنمایی	روش بیشترین آنتروپی
عدم شمارش	۲۳/۵۳	۲۵/۲۴	۲۴/۰۹	۲۵/۲۴
۱	۳۰/۲۲	۳۰/۱۷	۲۹/۷۳	۳۰/۱۷
۲	۲۱/۰۶	۲۳/۷۱	۲۲/۳۲	۲۳/۷۱
۳	۲۱/۸۲	۲۳/۹	۲۲/۷۱	۲۳/۹
۴	۱۹/۵۵	۲۱/۲۹	۱۹/۲۹	۲۱/۲۹
۵	۲۴/۰۸	۲۵/۶۷	۲۴/۸۵	۲۵/۶۷
۶	۱۸/۶۴	۲۳/۰۲	۲۰/۵۷	۲۳/۰۲
۷	۴۱/۱۸	۴۱/۱۷	۴۰/۶۶	۴۱/۱۷
۸	۲۹/۴۸	۳۰/۰۷	۲۹/۲۶	۳۰/۰۷
۹	۲۲/۸۹	۲۴/۸۷	۲۳/۶۶	۲۴/۸۷
۱۰	۲۸/۶۷	۲۹/۱۳	۲۸/۷۶	۲۹/۱۳
۱۱	۲۲/۵۹	۲۴/۵۹	۲۳/۵	۲۴/۵۹
۱۲	۴۲/۵۵	۳۸/۰۸	۴۱/۸۲	۳۰/۰۸
۱۳	۲۴/۲۲	۲۵/۱۳	۲۴/۰۸	۲۵/۱۳
۱۵	۲۱/۹۸	۲۴/۱۲	۲۲/۸۲	۲۴/۱۲
۱۶	۲۸/۴۸	۳۰/۰۵	۲۹	۳۰/۰۵
۱۷	۳۰/۲۶	۳۰/۲۳	۳۰/۰۵	۳۰/۲۳
۸ و ۹	۲۹/۷۶	۳۰/۱۴	۲۹/۹	۳۰/۱۴
۳ و ۱۷	۳۰/۶۳	۳۰/۵۸	۳۰/۴	۳۰/۵۸
۱ و ۲	۲۷/۸۲	۲۷/۶۳	۲۷/۹	۲۷/۶۳
۱۵ و ۱۶	۳۰/۰۹	۳۱/۰۲	۳۰/۱۴	۳۱/۰۲
۱ و ۱۶	۳۱/۳۱	۳۲/۱۹	۳۱/۳۱	۳۲/۱۹
۱۵ و ۲	۱۷/۳۸	۱۹/۰۵	۱۶/۹	۱۹/۰۵
۱ و ۲ و ۳	۳۷/۸۳	۲۳/۳۱	۲۰/۴۶	۲۳/۱۱
۵ و ۱۰ و ۱۵	۲۲/۰۸	۳۰/۶۱	۳۰/۹۵	۳۰/۶۱
۱ و ۱۷ و ۱۲ و ۸ و ۱	۴۸/۴۹	۴۸/۴۹	۴۸/۴۹	۴۸/۴۹
۳ و ۱۷ و ۹ و ۱	۷۲/۲۸	۶۷/۹۴	۶۷/۶۹	۶۷/۶۹

نتایج خطای تخمین ماتریس مبدأ-مقصد در جدول ۳-۷ بیانگر این است که اکثراً مقادیر در بازه ۲۲ تا ۵۰ قرار دارند لذا این نتایج قابل قبول می‌باشند. همچنین با توجه به جدول فوق می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش تعداد کمان‌های شمارش شده خطای ناشی از تخمین ماتریس افزایش می‌یابد.

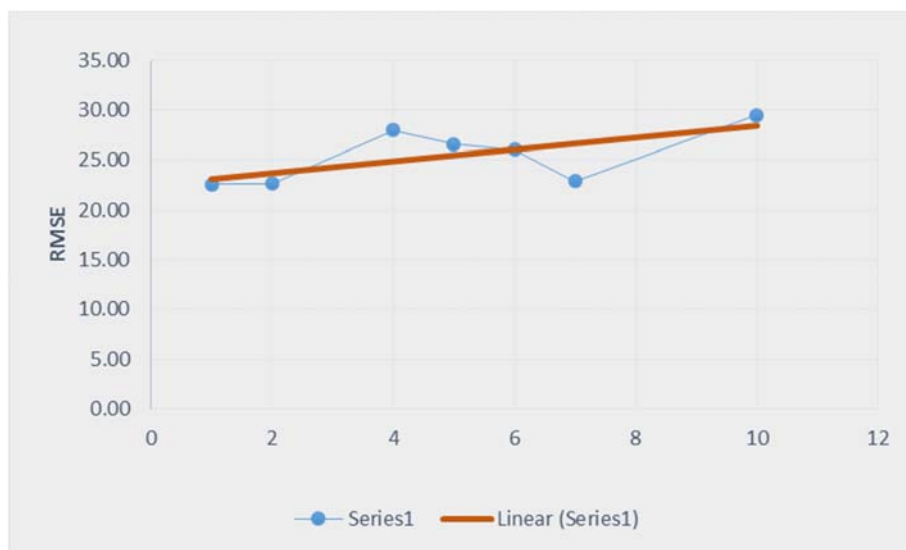
شکل ۳-۲ میانگین خطا را در هر کدام از حالت‌های شمارش حجم کمان برای هر مدل نشان می‌دهد.



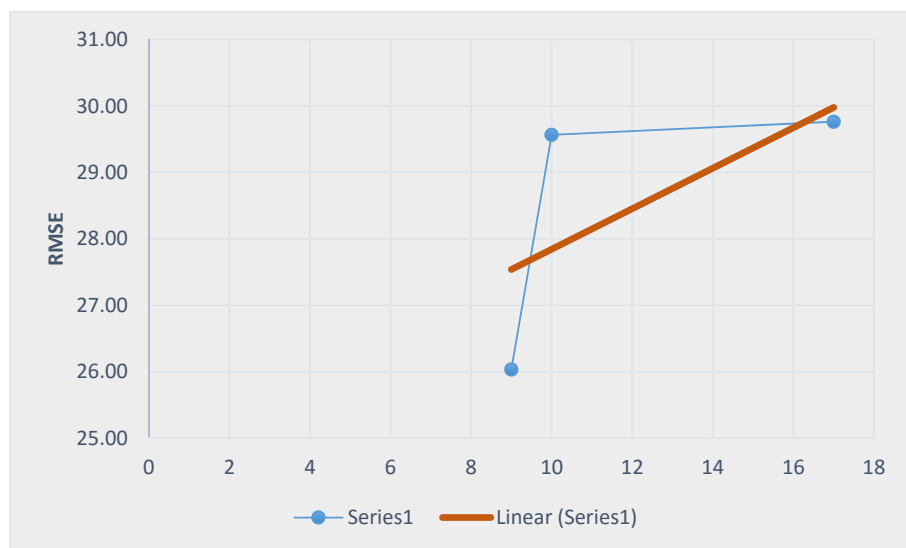
شکل ۳-۲- نمودار میانگین خطای تخمین ماتریس سفر (درصد)

با توجه به شکل فوق نیز می‌توان گفت با افزایش تعداد کمان‌های شمارش شده خطای تخمین افزایش خواهد یافت. همچنین با توجه به اینکه مقادیر به دست آمده خطا در هر چهار مدل نزدیک به هم می‌باشند، لذا برای تعیین مدلی که خطای کمتری را نشان می‌دهد می‌توان مدل کمترین مربعات را نام برد.

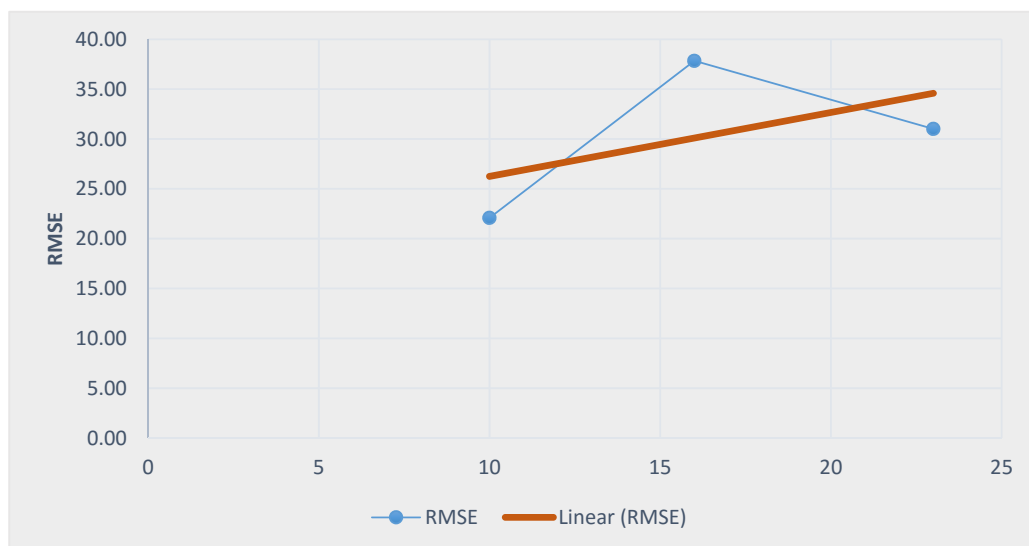
در ادامه مقایسه بین دفعات عبور حجم از هر کمان و میزان خطا برای هر مدل بررسی می‌گردد.



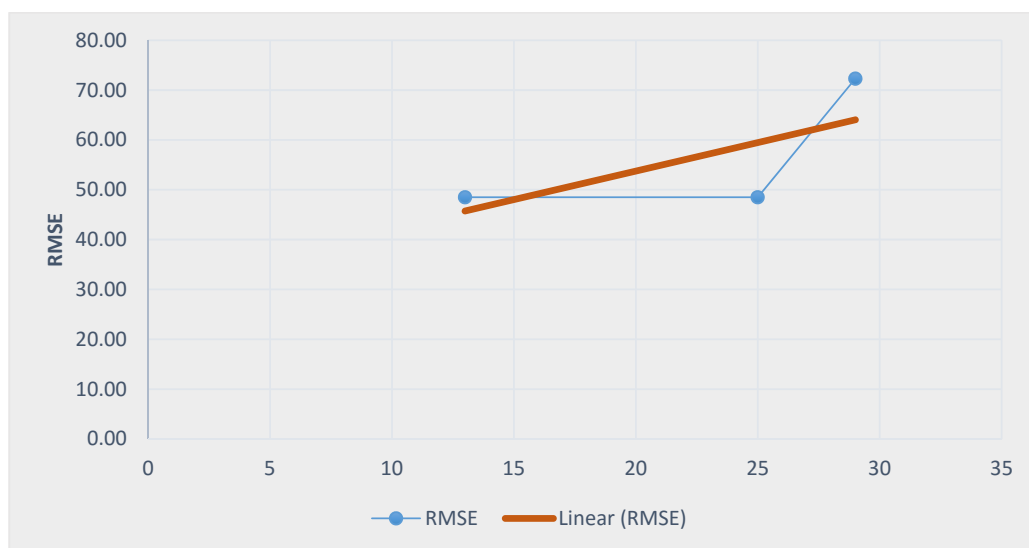
شکل ۳-۳- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش کمترین مربعات



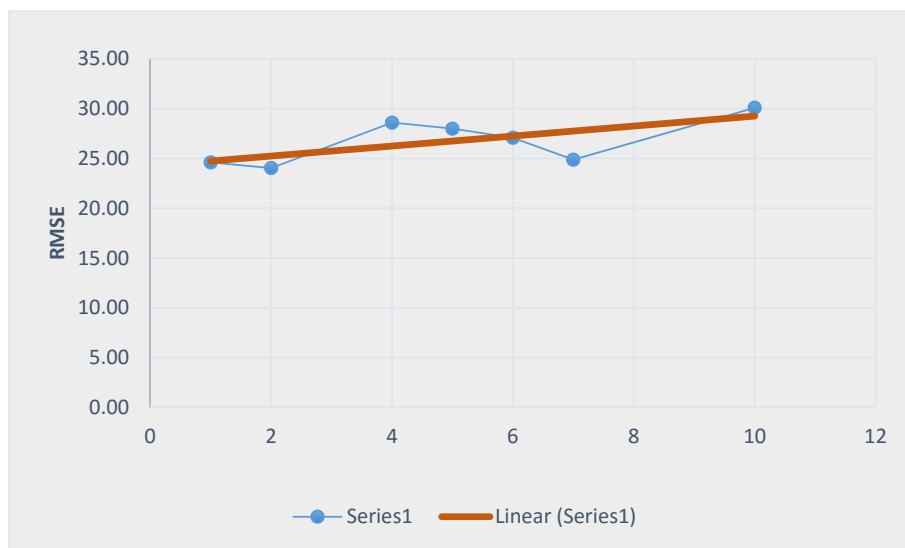
شکل ۳-۴- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش کمترین مربعات



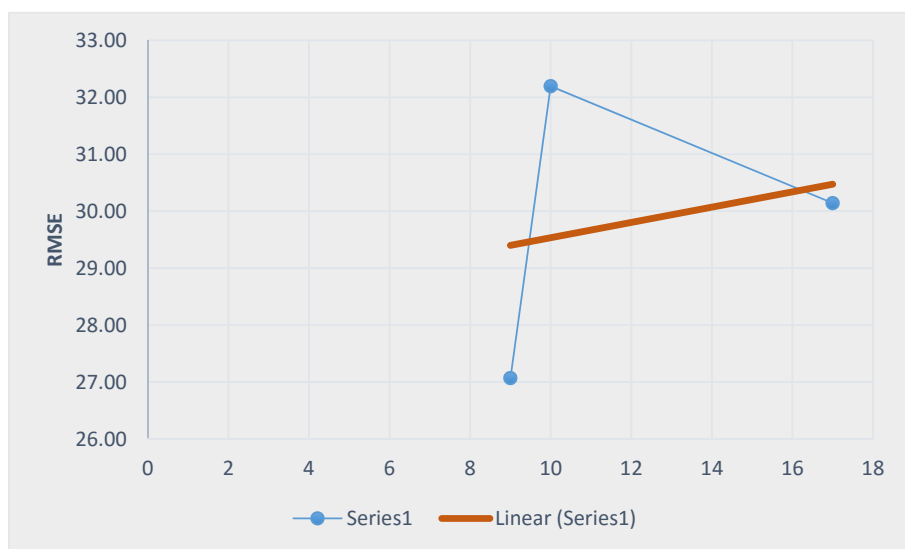
شکل ۳-۵- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش کمترین مربعات



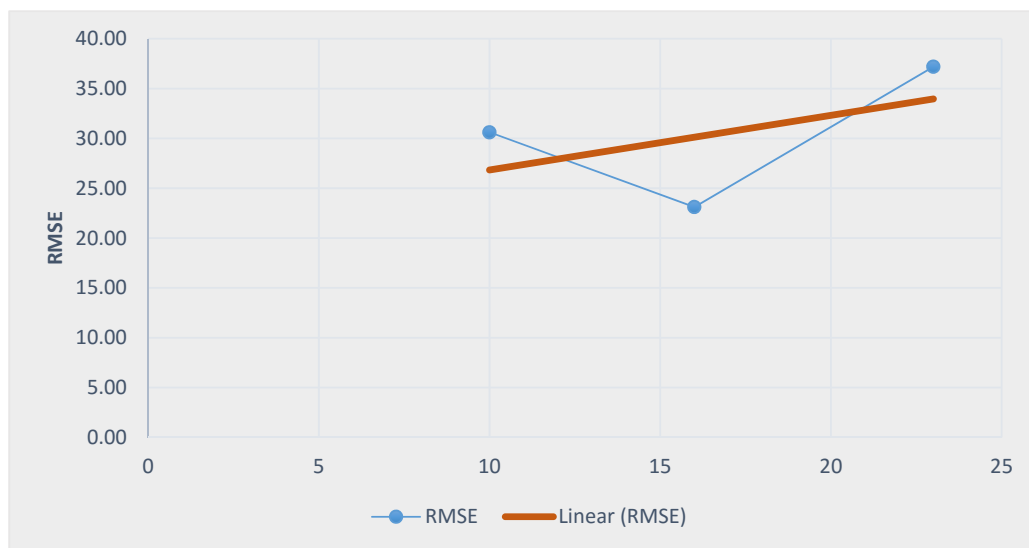
شکل ۳-۶- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش کمترین مربعات



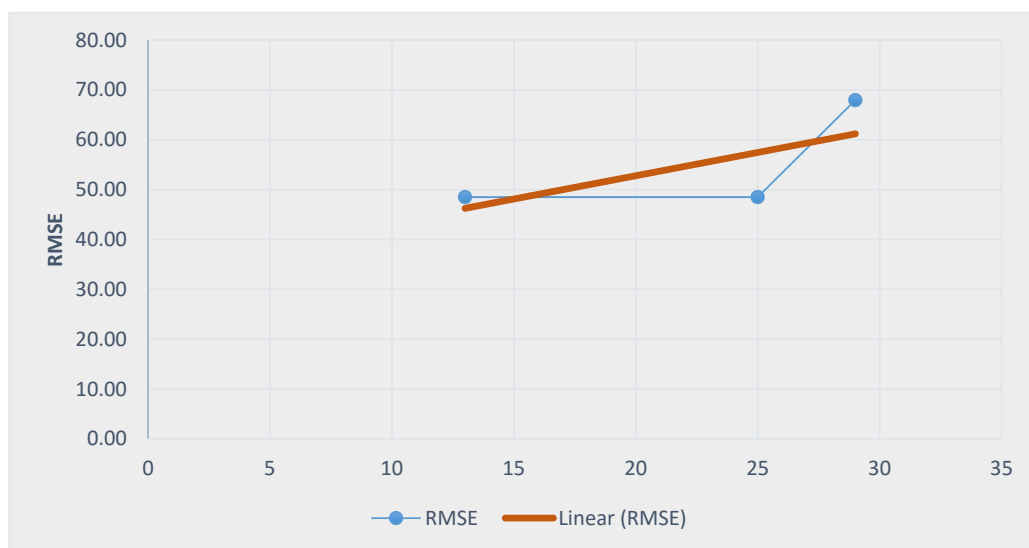
شکل ۳-۷- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش کمترین اطلاعات



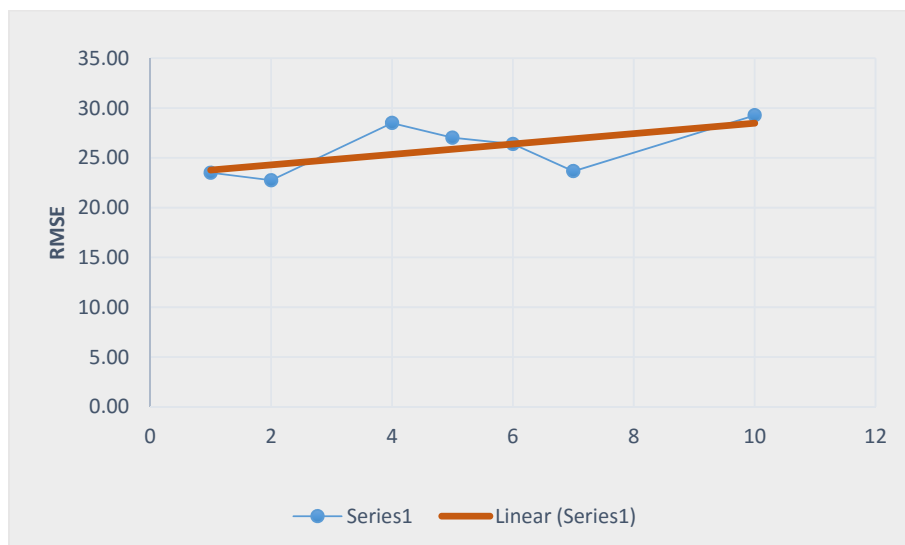
شکل ۳-۸- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش کمترین اطلاعات



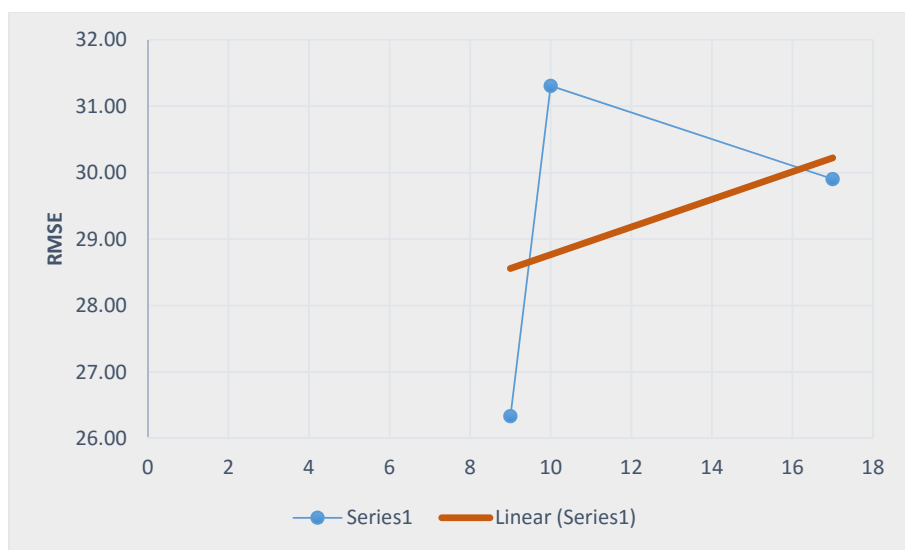
شکل ۳-۹- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش کمترین اطلاعات



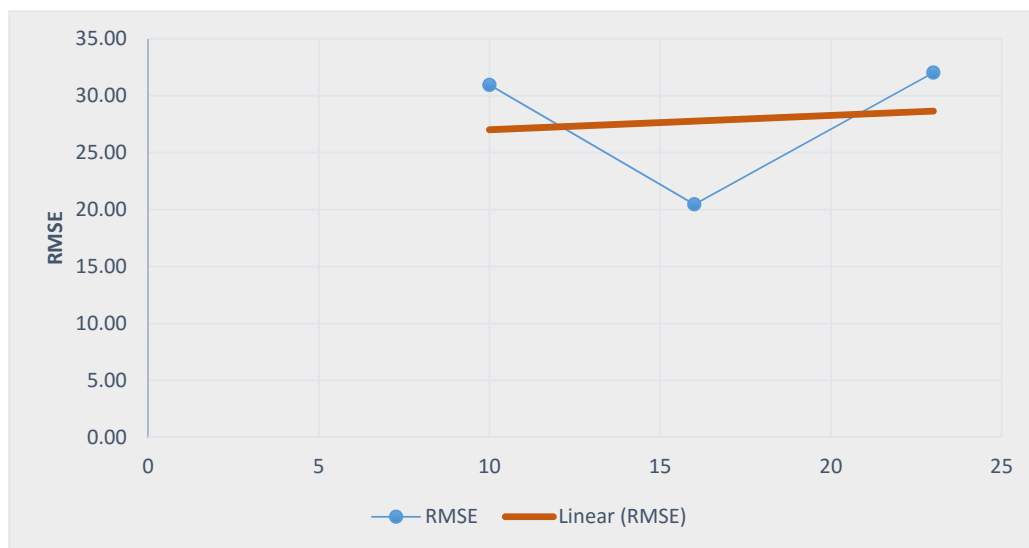
شکل ۳-۱۰- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش کمترین اطلاعات



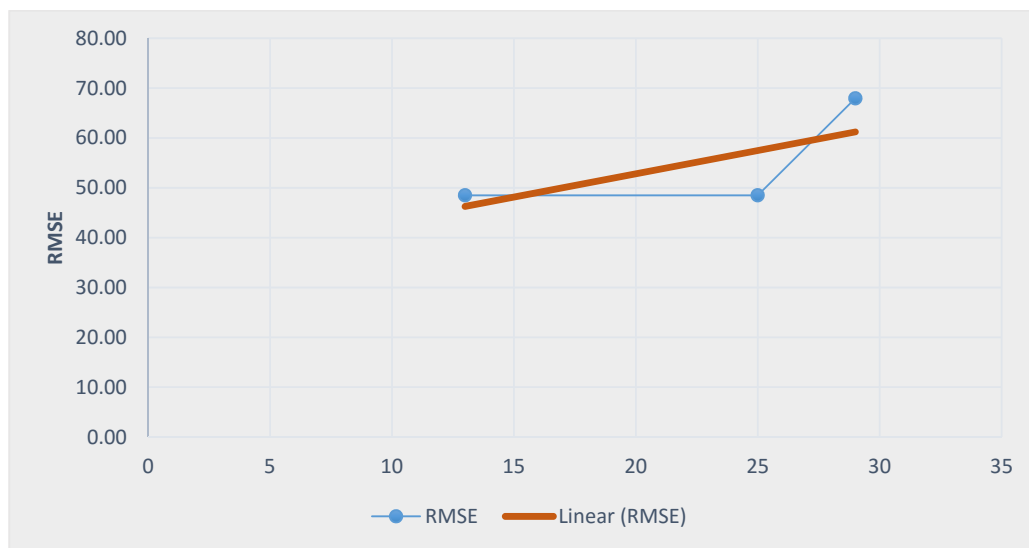
شکل ۳-۱۱- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش بیشترین درستنمایی



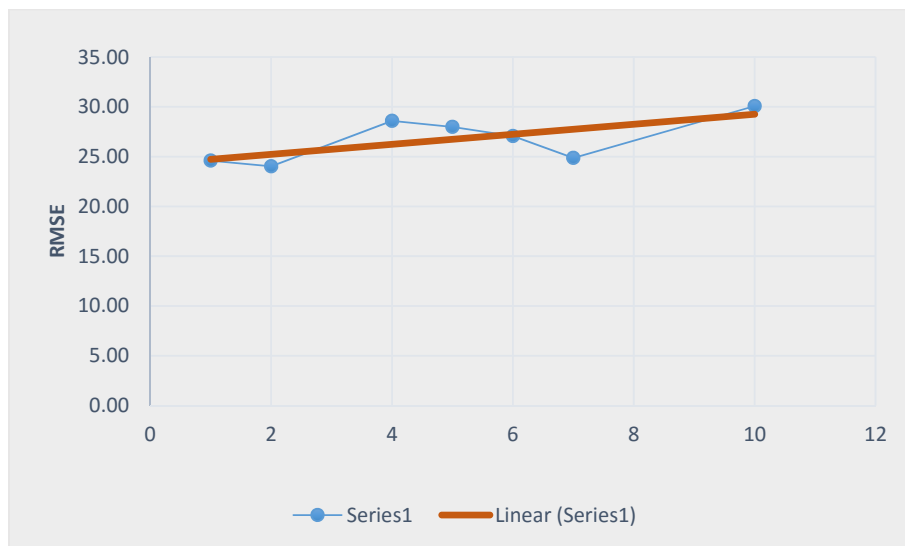
شکل ۳-۱۲- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش بیشترین درستنمایی



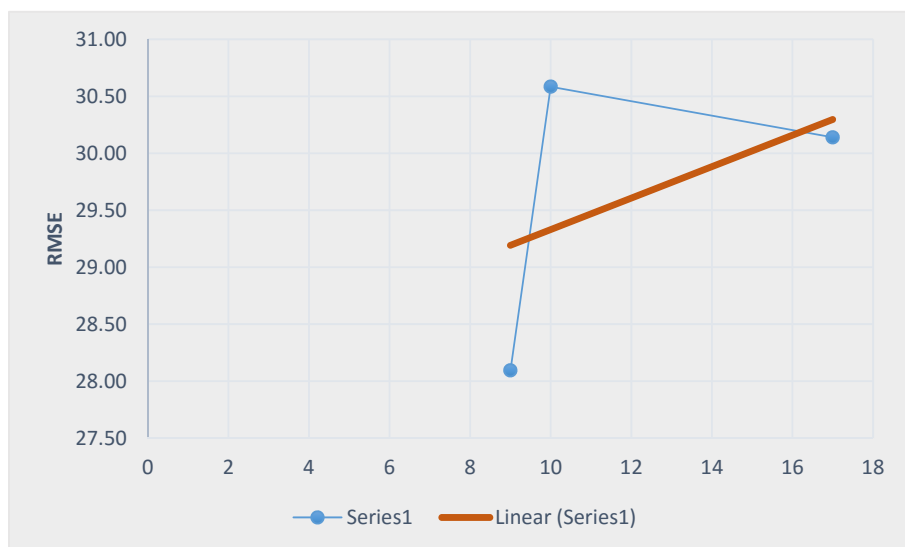
شکل ۳-۱۳- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش بیشترین درستنمایی



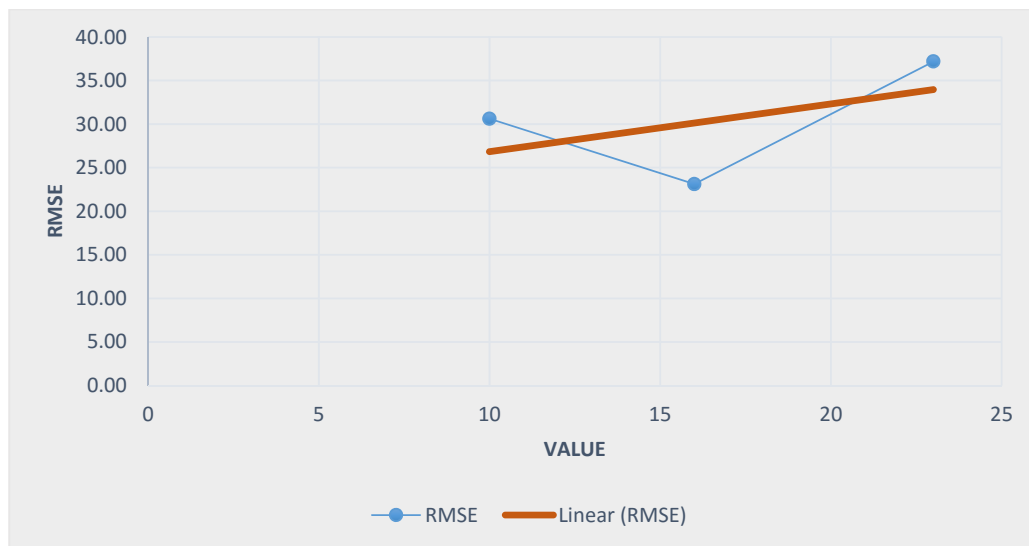
شکل ۳-۱۴- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش بیشترین درستنمایی



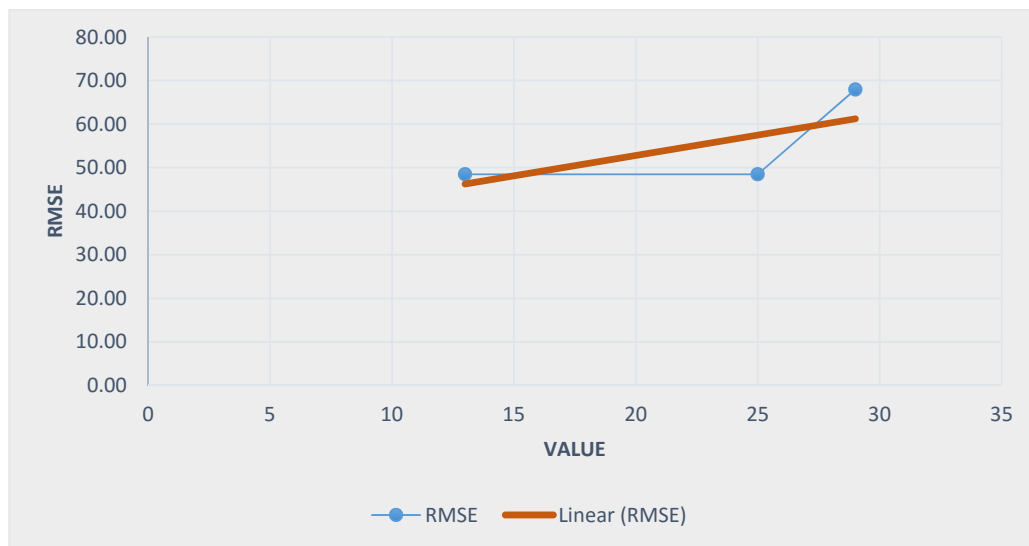
شکل ۳-۱۵- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش بیشترین آنتروپی



شکل ۳-۱۶- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش بیشترین آنتروپی



شکل ۳-۱۷- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش بیشترین آنتروپی



شکل ۳-۱۸- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش بیشترین آنتروپی

با توجه به نمودارهای فوق، برای هر چهار مدل تخمین می‌توان گفت که با افزایش تعداد دفعات حجم عبوری از کمان، به دلیل این که پراکندگی حجم‌های عبوری در کمان‌ها با توجه به ظرفیت متفاوت آن‌ها زیاد می‌باشد لذا نرم‌افزار با خطای بیشتری تخمین ماتریس را انجام می‌دهد.

به طور کلی از تحلیل و آنالیز شبکه فرضی می‌توان نتایج ذیل را بیان کرد:

- ✓ هر چهار مدل با خطاهای نزدیک به هم تخمین ماتریس را انجام دادند.
 - ✓ مدلی که نسبت به سایر مدل‌ها با خطای کمتری ماتریس مبدأ-مقصد را تخمین می‌زند، مدل حداقل مربعات می‌باشد.
 - ✓ در حالت شمارش یک کمان شبکه، شمارش کمان شماره ۷ نسبت به سایر کمان‌ها خطای بیشتری در تخمین تولید خواهد کرد.
 - ✓ هرچه تعداد دفعات عبور حجم از کمان بیشتر باشد خطای تخمین نیز بیشتر خواهد شد.
- در فصل بعد فرضیات و محاسبات مربوط به شهر مشهد ارائه خواهد شد و در نهایت در فصل آخر به جمع‌بندی مطالب این تحقیق پرداخته می‌شود.

فصل چهارم:

آنالیز شبکه

شهر مشهد

۴- فصل چهارم: آنالیز شبکه شهر مشهد

۴-۱- مقدمه

هدف در این فصل، بررسی اثرات چگونگی شمارش حجم کمان شامل محل کمان و تعداد کمان‌ها برای برآورد و بهنگام‌سازی ماتریس مبدأ- مقصد بر روی نمونه موردی شهر مشهد است.

ماتریس‌های مبدأ-مقصد استفاده شده در این فصل مربوط به سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۸۷ می‌باشد. ماتریس مبدأ-مقصد سال ۷۳ از طریق آمارگیری پرسشنامه‌ای با مشارکت دانش‌آموزان پسر سوم راهنمایی به دست آمده است که به عنوان ماتریس اولیه در نظر گرفته شد.

ماتریس مبدأ-مقصد سال ۸۷ نیز از طریق آمارگیری مشاهده‌ای با توجه به ایستگاه‌های شمارش حجم و روش پرسشنامه‌ای به دست آمده است که در این فصل تخمین زده خواهد شد.

برای تخمین ماتریس سفر شهر مشهد معلومات اولیه (که در فصل قبل توضیح داده شد) به نرم‌افزار داده خواهد شد و با توجه به خروجی‌های به دست آمده از نرم‌افزار، به آنالیز و تحلیل آن‌ها پرداخته و دقت تخمین‌ها با ماتریس واقعی سال ۸۷ مقایسه خواهد شد.

۴-۲- مشخصات شبکه حمل و نقل

یکی از نخستین گام‌های مطالعات جامع حمل و نقل تعیین محدوده جغرافیایی مورد مطالعه است. مطالعات جامع حمل و نقل مجموعه وسیعی از مراحل مختلف و به هم پیوسته مطالعاتی است که دیگر مراحل و گام‌های مطالعاتی، متأثر از گام اول، یعنی تعیین محدوده مطالعاتی هستند. این محدوده جغرافیایی، وسعت و حوزه نفوذ تصمیم‌های حمل و نقلی را تعیین می‌کند و تمام مناطق توسعه یافته و توسعه نیافته (که قرار است تا افق طرح توسعه یابند) را در بر می‌گیرد. در این مرحله، نادیده گرفتن

مرز سیاسی و تمرکز بر روی تمام مناطق مرتبط به هم، حائز اهمیت است. وسعت این محدوده به‌طور نظری نامحدود است، ولی در عمل می‌توان محدوده‌ای را برای اثرات مورد مطالعه شناسایی نمود که در بیرون آن بتوان این اثرات را قابل چشم پوشی (یا ثابت در طول زمان) فرض کرد. بزرگی این محدوده جغرافیایی که می‌تواند برای انواع اثرات یادشده (اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و...) متفاوت باشد، باید چنان تعیین شود که عمده اثرات مورد بررسی را دربرداشته، انجام مطالعه را از نظر صرف وقت و امکانات، ممکن ساخته و دقت حاصل از مطالعه را در سطحی قابل قبول نگه دارد.

۴-۳- ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه

دو مشخصه اصلی در ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه عبارتند از: تعداد ناحیه‌ها و وسعت در ناحیه که البته با هم رابطه عکس دارد؛ یعنی با افزایش تعداد ناحیه‌ها، وسعت هر ناحیه کاهش یافته و با کاهش تعداد ناحیه‌ها، وسعت نواحی افزایش می‌یابد. بنابراین تعداد نواحی مطلوب باید با توجه به دقت مطالعه و میزان هزینه مورد نظر، تعیین شود. افزایش و کاهش تعداد نواحی دارای مزایا و معایبی است. بدیهی است هر چه تعداد ناحیه‌ها بیشتر باشد، شبیه‌سازی رفتار سفرها واقعی‌تر بوده ولی از سوی دیگر، این افزایش باعث دشوارتر شدن عملیات جمع‌آوری اطلاعات، مشکل‌تر شدن مدل‌سازی، افزایش هزینه، زمان و نیروی انسانی مورد نیاز می‌گردد. با کاهش تعداد نواحی، وسعت هر ناحیه افزایش می‌یابد که این افزایش به خصوص در نواحی مرکزی محدوده مورد مطالعه باعث کاهش دقت و از بین رفتن ویژگی‌های مشترک اقتصادی-اجتماعی این نواحی و افزایش تعداد سفرهای درون ناحیه‌ای خواهد شد. بنابراین روش ناحیه‌بندی باید به گونه‌ای باشد که بین تعداد نواحی و وسعت آن‌ها تعادل برقرار شود. علاوه بر آن بسیاری از پارامترهای دیگر از قبیل مسائل اقتصادی-اجتماعی، فرهنگی، جمعیت، نقاط جاذب سفر، شکل هندسی ناحیه‌بندی و بسیاری دیگر می‌تواند موثر باشد که البته از موثرترین پارامترها در ناحیه‌بندی استفاده می‌شود.

۴-۴- ویژگی های عمومی ناحیه بندی ترافیکی در برنامه ریزی حمل و نقل

در منابع برنامه‌ریزی حمل و نقل و مهندسی ترافیک، ویژگی‌های مختلفی برای ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه ارائه شده که در ادامه مهم‌ترین این ویژگی‌ها بیان شده‌اند [۳۹].

۴-۴-۱- همگونی

ناحیه بندی حوزه نفوذ و محدوده مورد مطالعه در حقیقت نوعی گروه‌بندی است. ناحیه‌بندی باید به صورتی باشد که ناحیه‌ها بتوانند ویژگی‌های مشترکی را به طور همگن و یکنواخت در درون خود داشته باشند. نمود بارز این ویژگی، چگونگی استفاده از زمین است. به عنوان مثال، اگر یک ناحیه داخلی به عنوان ناحیه‌ای با کاربری مسکونی در نظر گرفته شود، ایده‌آل این است که تمامی ساختمان‌های واقع در آن مسکونی باشند. واضح است که تحقق این امر بیشتر اوقات مشکل و حتی غیر ممکن است. در حقیقت، در نظر گرفتن ویژگی‌های مشترک برای هر ناحیه با بررسی کاربری‌های موجود از جمله: کاربری‌های مسکونی، تجاری، اداری و... امکان‌پذیر است.

۴-۴-۲- هموزنی

روش ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه باید به گونه‌ای باشد که ناحیه‌ها تا حد امکان با یکدیگر هموزن باشند، تا تأثیر آن‌ها در مدل‌های تولید و جذب سفر به صورت معقول و منطقی، شبیه‌سازی گردد. یک علت مهم برای لزوم هموزنی، خطای برآوردها در دو سر طیف است. برای تامین هموزنی ناحیه‌ها باید ابتدا تعریف مناسبی از وزن نواحی ارائه داد. با توجه به هدف مطالعه که بررسی و ارزیابی شرایط حمل و نقلی است، تولید و جذب سفر که از مهم‌ترین ویژگی‌های حمل و نقلی هر ناحیه هستند به عنوان شاخصی مناسب برای تعیین وزن ناحیه‌ها در نظر گرفته می‌شوند؛

$$W_i = \frac{P_i + A_i}{2} \quad (۱-۴)$$

که در آن:

W_i : وزن ناحیه i

P_i و A_i : سفرهای جذب شده و تولید شده روزانه ناحیه i

۴-۴-۳- متناسب بودن وسعت ناحیه‌ها

وسعت نواحی ترافیکی باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که امکان مطالعه و بررسی مناسب و دقیق را فراهم سازد. وسعت ناحیه نباید آنقدر کوچک باشد که حفظ الگوی سفر آن ناحیه با نواحی مجاور امکان‌پذیر نباشد؛ از طرف دیگر نباید آنقدر بزرگ باشد که اطلاعات حاصل از آمارگیری، فاقد دقت کافی باشد. از سوی دیگر، هرگاه وسعت نواحی از حد متعارف آدرس‌دهی‌ها کوچک‌تر باشد باعث می‌شود که مبادی و مقاصد سفرها در مرحله کدگذاری از پرسشنامه به نواحی، دچار خطا گردد. باید توجه داشت که الزامی به یکسان بودن وسعت نواحی وجود ندارد، چرا که برای هم‌وزن شدن نواحی از نظر جمعیت و اشتغال باید در بخش‌های مرکزی که سرانه جمعیت و اشتغال بیشتر است، مساحت نواحی کوچک‌تر در نظر گرفته شود. وسعت نواحی باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که خطای ناشی از این فرض که همه فعالیت‌ها بر گرانیگاه متمرکزند، خیلی زیاد نباشد.

۴-۴-۴ - تسهیل در فرآیند آمارگیری

مرز ناحیه‌های داخلی باید به گونه‌ای در نظر گرفته شوند که در محدوده آن ناحیه، امکان ترکیب و محاسبه اطلاعات و آمار جمع‌آوری شده و برقراری ارتباط بین آن‌ها وجود داشته باشد. توجه به این امر گرچه گاهی باعث می‌شود که ناحیه‌ها شکل‌های نامتعارف پیدا کنند، ولی سبب صرفه‌جویی چشمگیری در هزینه و دقت آمارگیری خواهد شد.

۴-۴-۵ - دسترسی آماری

باید حتی‌الامکان مرز ناحیه‌های ترافیکی (اعم از داخلی و خارجی) منطبق بر حوزه‌های آماری باشد تا امکان استفاده از آمار و اطلاعات بانک‌های اطلاعاتی مرکز آمار ایران که بر اساس مناطق، حوزه‌ها و بلوک‌های آماری تهیه گردیده است، وجود داشته باشد.

۴-۴-۶ - موقعیت

محل و موقعیت هر ناحیه داخلی با توجه به خیابان‌های اصلی، عوارض طبیعی، محدوده‌های تعیین شده شهری و وضعیت ناحیه‌های مجاور انتخاب و تعیین می‌شود. به طوری که درون هیچ ناحیه‌ای، مانع فیزیکی یا طبیعی برای رفت و آمد وجود نداشته باشد در غیر این صورت باید ناحیه را به نواحی کوچک‌تر تقسیم نمود، چرا که هر ناحیه نمی‌تواند بیش از یک گرانیگاه داشته باشد. بنابراین باید در ساخت نواحی تلاش کرد که موانع طبیعی و مصنوعی در مرز ناحیه‌ها قرار گیرند. رودخانه، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی از جمله این موانع محسوب شده و عمدتاً در مرز نواحی قرار می‌گیرند. در حالی که راه‌های دسترسی و خیابان‌های فرعی‌تر عکس این ویژگی را دارند و بهتر است درون نواحی قرار بگیرند. همچنین باید خطوط برش در مرز نواحی واقع شوند.

۴-۴-۷- جمعیت

توجه به تعداد افرادی که در هر ناحیه سکونت دارند از معیارهای مهم در ناحیه‌بندی ترافیکی شهر است. معمولاً جمعیت ساکن در ناحیه‌ها با توجه به اهداف مطالعه و بر اساس جمعیت و وسعت کل محدوده مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شود. در این مرحله جمعیت هر ناحیه با استفاده از بلوک‌های آماری به دست می‌آید.

۴-۴-۸- وجود گرانیگاه

ناحیه‌بندی باید به صورتی انجام شود که برای هر ناحیه گرانیگاهی وجود داشته باشد. گرانیگاه ناحیه ترافیکی عبارت است از نقطه‌ای که درون ناحیه ترافیکی قرار داشته و نماینده مجموعه نقاط درون ناحیه از نظر تولید و جذب سفر است.

۴-۵- ویژگی‌های اصلی شهر مشهد

شهر مشهد با مساحت نواحی بالغ بر ۳۵۱ کیلومتر مربع و جمعیتی در حدود ۳/۴ میلیون نفر دومین شهر بزرگ ایران از نظر جمعیت و دارای شبکه‌ای بزرگ و متراکم است. با توجه به ابعاد شهر مشهد، چه از نظر ویژگی‌های عرضه و چه از نظر ویژگی‌های تقاضا، این شهر نمونه واقعی و بزرگی را معرفی می‌کند که به بررسی مدل برآورد تقاضا با استفاده از اطلاعات جریان ترافیک بر روی آن پرداخته خواهد شد.

این شهر در نیمه شمالی استان خراسان واقع شده است. بر اساس آخرین سرشماری (۱۳۹۵)، جمعیت بالغ بر ۳/۴ میلیون نفری آن بیش از ۴۰ درصد از جمعیت استان را دربرمی‌گیرد. لذا از ویژگی‌های بارز مشهد سهم نسبی بالای جمعیت (به ویژه جمعیت شهرنشین) نسبت به سایر نواحی

است. علاوه بر آن تراکم نسبی جمعیت در مشهد بیش از ۹۰۰۰ نفر در هر کیلومترمربع است که بدون شک از این نظر در میان نواحی استان خراسان از تراکم بسیار بالایی برخوردار است [۴۰].

شهر مشهد به دلیل هویت تاریخی و مذهبی و مرکزیت اقتصادی و اداری در منطقه خراسان، و به عنوان دومین کلانشهر کشور (پس از تهران) دارای نقش و عملکردهای متعدد و متنوع در سطوح ملی، منطقه ای و محلی است [۴۱].

اهم کارکردهای شهر مشهد عبارت است از:

- ✓ مرکزیت اداری و اقتصادی استان خراسان
- ✓ مهم ترین مرکز مذهبی زیارتگاهی و گردشگری کشور
- ✓ دومین کلان شهر کشور از نظر جمعیت
- ✓ مرکزیت فرهنگی و آموزشی
- ✓ نقش مهم ارتباط برون مرزی
- ✓ مرکز سیاسی- اداری استان خراسان رضوی
- ✓ قطب زیارتی و گردشگری در سطح ملی
- ✓ دومین شهر بزرگ از نظر جمعیت در سطح ملی
- ✓ نقش و عملکرد استانی از نظر اداری، سیاسی، خدماتی، اقتصادی، فرهنگی و غیره
- ✓ دارای جایگاه ویژه از نظر ارتباطات برون مرزی (با کشورهای افغانستان و ترکمنستان)

به این ترتیب مشهد از نظر اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی دارای ساختار متفاوت و خاص است که آن را از سایر نواحی متمایز می کند. این تمایزات بیان کننده توان ها و تنگنایی است که شرح آن به قرار زیر است:

✓ به دلیل تمرکز انواع خدمات در کانون‌های شهری مشهد (اداری، فرهنگی، آموزشی، بهداشت و درمان و غیره)، شهر مشهد ارائه دهنده انواع خدمات در سطح استان به شمار می‌رود.

✓ ارایه خدمات سطح برتر و وجود خدمات و تسهیلات شهری در ناحیه مشهد، خود عامل مهمی در جذب جمعیت به ویژه در نقاط شهری و به طور مشخص شهر مشهد قلمداد می‌شود.

✓ بررسی‌های اولیه ساختار اقتصادی مشهد نشان‌دهنده آن است که این شهر به دلیل تمرکز جمعیت، فعالیت و زیرساخت بیشترین تعامل اقتصادی را با سایر نواحی استان دارا است. به این دلیل بیشترین فعالیتهای اقتصادی از نظر تولید، توزیع و مصرف در مشهد صورت می‌پذیرد.

✓ از نظر طرح‌ها و اقدامات توسعه، شهر مشهد مرکز توجه، اقدامات برنامه ریزی توسعه و تجهیز فضاها محسوب می‌شود. عمران و توسعه شهر مشهد مشتمل بر طرح‌های مرتبط با منابع طبیعی، انرژی، فعالیتهای تولیدی (کشاورزی، صنعت و معدن)، عمران شهری و روستایی، راه و ترابری، آموزش، بهداشت و درمان، فرهنگی، خدمات گردشگری و ورزشی است. اقدامات اخیر عمدتاً بر پایه کمبودها و نیازهای ناحیه بوده و شهرهای مشهد، چناران و فریمان را به طور مشخص، آماج خود قرار داده است. گرچه از مهم ترین طرح‌های توسعه، طرح ساماندهی و تجهیز کانون‌های روستایی استان (از جمله ناحیه مشهد) از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، ولی همچنان اقدامات و طرح‌های توسعه شهری به ویژه شهر مشهد در رده اول اهمیت در استان قرار گرفته است.

۴-۶- تابع زمان سفر - حجم

یک تابع زمان سفر - حجم باید دارای خصوصیات زیر باشد:

✓ پیوستگی و مشتق پذیری

✓ غیرنزولی و یکنواخت بودن

بیشتر توابع زمان سفر - حجم که تا به حال در پروژه‌های اجرایی (عملی-کاربردی) استفاده شده‌اند، از نوع چند جمله‌ای هستند که درجه و ضریب آنها با استفاده از اطلاعات میدانی کالیبره می‌شوند. این نوع توابع، زمان سفر هر کمان را بدون در نظر گرفتن اثر اندرکنشی جریان ترافیک سایر کمان‌ها، که به خصوص در تقاطع‌ها نمود پیدا می‌کند، برآورد می‌کنند. چرا که برای مدل کردن آنها فرض شده است زمان سفر هر کمان، تنها تابعی از جریان ترافیک در همان کمان است. به این نوع توابع، توابع زمان سفر حجم مجزا^۱ گویند؛ اما از طرف دیگر وقتی زمان سفر کمان‌ها تابعی از جریان در سایر کمان‌ها نیز باشد، مسئله تخصیص ترافیک را نمی‌توان به صورت یک مسئله برنامه‌ریزی ریاضی کوژ بیان کرد. در چنین شرایطی دیگر نمی‌توان برای حل مسئله تخصیص از روش‌های مرسوم چون روش فرانک-ولف استفاده کرد. به همین دلیل در ادبیات حمل و نقل، استفاده از مدل چند جمله‌ای برای توابع عملکرد کمان‌ها بسیار رایج است [۴۲].

^۱Separable

۴-۶-۱- عوامل موثر در تابع زمان سفر کمان‌ها

هدف از تهیه توابع زمان سفر، به دست آوردن رابطه‌ای بین زمان عبور از یک کمان و پارامترها و عوامل قابل اندازه‌گیری و موثر بر آن است. بر اساس مطالعات صورت گرفته، این عوامل شامل: زمان سفر آزاد (زمان در حجم صفر)، ظرفیت عملی معبر، مقدار حجم عبوری، نوع معبر، تعداد خط عبوری، موقعیت خط در حال تردد، فاصله موانع کناری، نوع میانه و موارد دیگر می‌باشد. در مدل‌های رایجی که تاکنون ساخته شده‌اند، عمده پارامترهای در نظر گرفته شده شامل موارد زیر است:

✓ زمان سفر آزاد

✓ ظرفیت عملی معبر

✓ مقدار حجم عبوری

یکی دیگر از پارامترهای مهم و تأثیرگذار که در مدل‌های موجود لحاظ می‌شود، نوع معبر عبوری است. با در نظر گرفتن و لحاظ نمودن این پارامتر، بسیاری از موارد مربوط به طرح هندسی که در سرعت و نحوه تردد خودروها اثر می‌گذارند، وارد خواهد شد. بر این اساس، برای معابر مختلف نیاز به ساختن مدل‌های جداگانه است. در واقع جهت اعمال موارد فوق، برای هر نوع معبر و با توجه به اطلاعات مربوط به آن، یک تابع زمان سفر عبور از کمان، مخصوص آن کمان ساخته می‌شود.

برای به دست آوردن متوسط زمان سفر آزاد و ظرفیت عملی هر کمان، لازم است تا اطلاعات مربوط به زمان سفر عبوری در وضع موجود، برداشت شود تا از طریق کالیبره نمودن ضرایب موجود در مدل، مقدار آنها به دست آید. بنابراین اطلاعات مورد نیاز برای بهنگام‌سازی توابع زمان سفر شامل زمان سفر عبوری از کمان‌ها هستند. لذا در انتخاب و تعیین نوع آمارگیری برای زمان سفر کمان‌ها، باید شرایطی را در نظر گرفت که از طریق آن بتوان پارامترهای فوق را به راحتی برداشت نمود.

برای تعیین تابع زمان سفر- حجم هر یک از انواع رده‌های عملکردی لازم است یک یا چند معبر از آن رده به صورت یک فرآیند نمونه‌گیری انتخاب و در آنها اطلاعات لازم برداشت شود. سپس نتیجه به دست آمده از این معابر برای تمام معابر هم رده تعمیم داده شود. اداره راه فدرال ایالت متحده امریکا در سال ۱۹۶۴ مدلی به شکل زیر ارائه داد که با نام تابع BPR^۱ شناخته می‌شود و اکثر توابعی که بعدها نیز ارائه شد دارای شکل و فرم این تابع هستند.

$$t = t_0 \left[1 + a \left(\frac{V}{Q} \right)^b \right] \quad (۲-۴)$$

که در آن،

t = متوسط زمان سفر برای طی یک کیلومتر از طول راه (بر حسب دقیقه)

t_0 = متوسط زمان سفر آزاد برای طی یک کیلومتر از طول راه (بر حسب دقیقه)

V = حجم جریان ترافیک (بر حسب وسیله نقلیه همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور در ساعت)

Q = ظرفیت عملی (بر حسب وسیله نقلیه همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور در ساعت)

a و b = پارامترهای مدل هستند.

معمولاً پارامترهای a و b مستقل از نوع راه فرض می‌شوند. در اکثر مطالعات انجام یافته در نقاط

مختلف جهان و ایران $a = 0.15$ و $b = 4$ پیشنهاد شده است [۴۳].

در جدول ۲-۴ مدل‌های زمان سفر-حجم برای انواع راه‌ها معرفی شده‌اند که در آنها ظرفیت بر

حسب وسیله نقلیه در ساعت در یک متر عرض عبور می‌باشد [۴۲].

^۱Bureau of Public Roads

جدول ۴-۱- مدل‌های زمان سفر- حجم بهنگام شده برای انواع شبکه راه‌های مشهد

ردیف	نوع خیابان	سرعت جریان آزاد (km/h)	شکل تابع
۱	دسترسی	****	$t = 1.2[1 + 0.15(\frac{V}{100})^4]$
۲	جمع کننده	****	$t = 1.09[1 + 0.15(\frac{V}{165})^4]$
۳	شریانی درجه ۲ (تجاری)	****	$t = 1[1 + 0.15(\frac{V}{180})^4]$
۴	شریانی درجه ۲ (غیرتجاری)	۶۵	$t = 0.92[1 + 0.15(\frac{V}{190})^4]$
۵	شریانی درجه ۲ (یک‌طرفه)	۷۰	$t = 0.86[1 + 0.15(\frac{V}{210})^4]$
۶	شریانی درجه ۱ (بلوار با عرض یا میانه کم)	****	$t = 0.86[1 + 0.15(\frac{V}{210})^4]$
۷	شریانی درجه ۱ (بلوار با عرض زیاد)	****	$t = 0.75[1 + 0.15(\frac{V}{250})^4]$
۸	تندراه	****	$t = 0.71[1 + 0.15(\frac{V}{310})^4]$
۹	جاده اصلی (یک خطه)	****	$t = 0.67[1 + 0.15(\frac{V}{385})^4]$
۱۰	جاده اصلی (دو خطه)	****	$t = 0.67[1 + 0.15(\frac{V}{435})^4]$

۴-۷- دسته بندی شبکه معابر

به منظور ساخت تابع زمان سفر- حجم ابتدا باید یک دسته‌بندی از کلیه شبکه معابر مورد استفاده در مرحله تخصیص ترافیک انجام پذیرد و تابع زمان سفر- حجم برای هر یک از انواع خیابان‌های شبکه معابر به دست آید. انتخاب کمان‌ها برای آمارگیری، بر حسب نوع آن‌ها صورت می‌گیرد. شبکه معابر مشهد به انواع زیر تقسیم شده است [۴۲]:

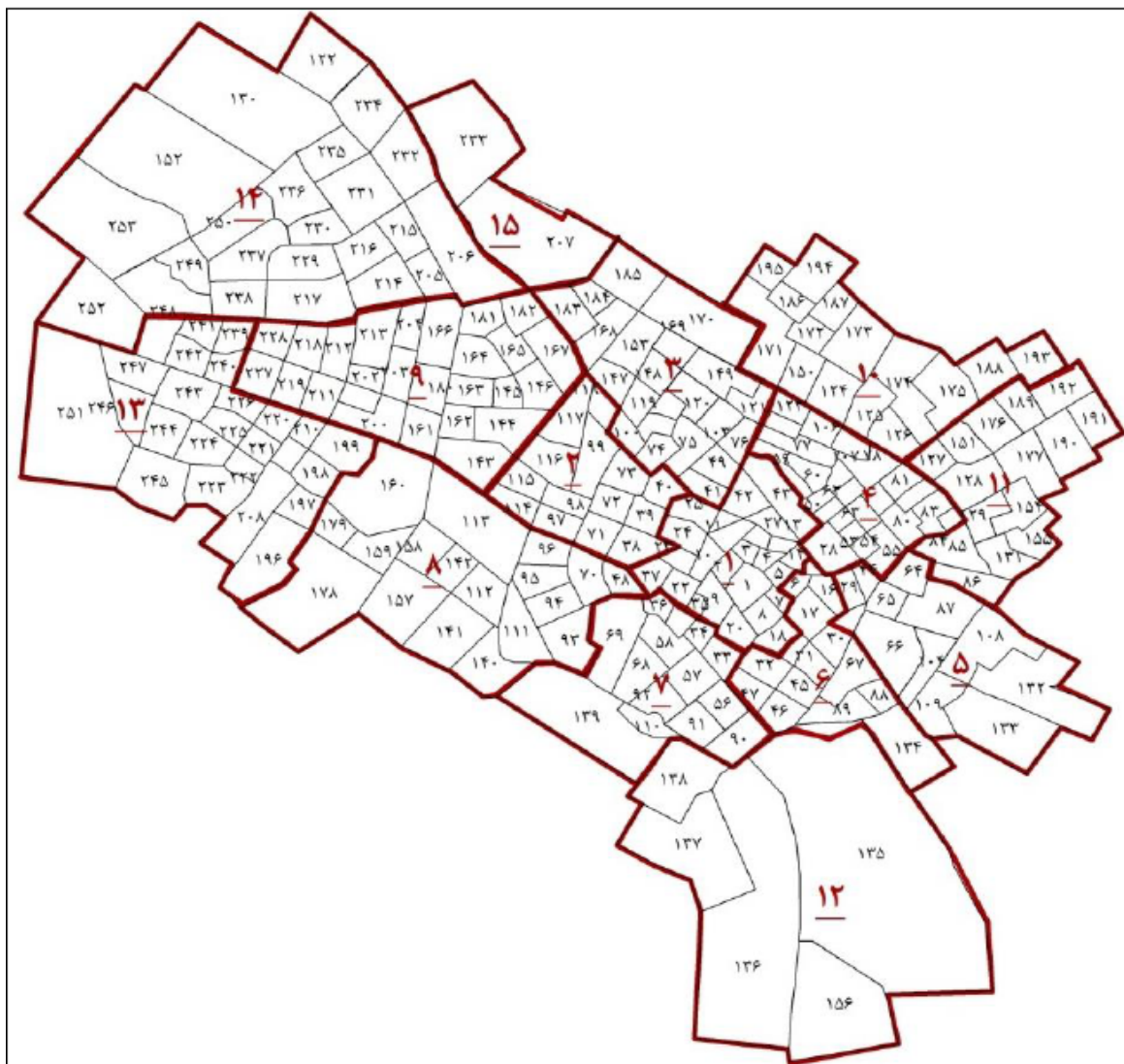
- ✓ دسترسی
- ✓ جمع (پخش) کننده
- ✓ شریانی درجه ۲ تجاری
- ✓ شریانی درجه ۲ غیرتجاری
- ✓ شریانی درجه ۲ یکطرفه
- ✓ شریانی درجه ۱ (بلوار با عرض یا میانه کم)
- ✓ شریانی درجه ۱ (بلوار با عرض زیاد)
- ✓ تندراه

۴-۸- مبنای انتخاب کمان‌های شهر مشهد ارائه نتایج

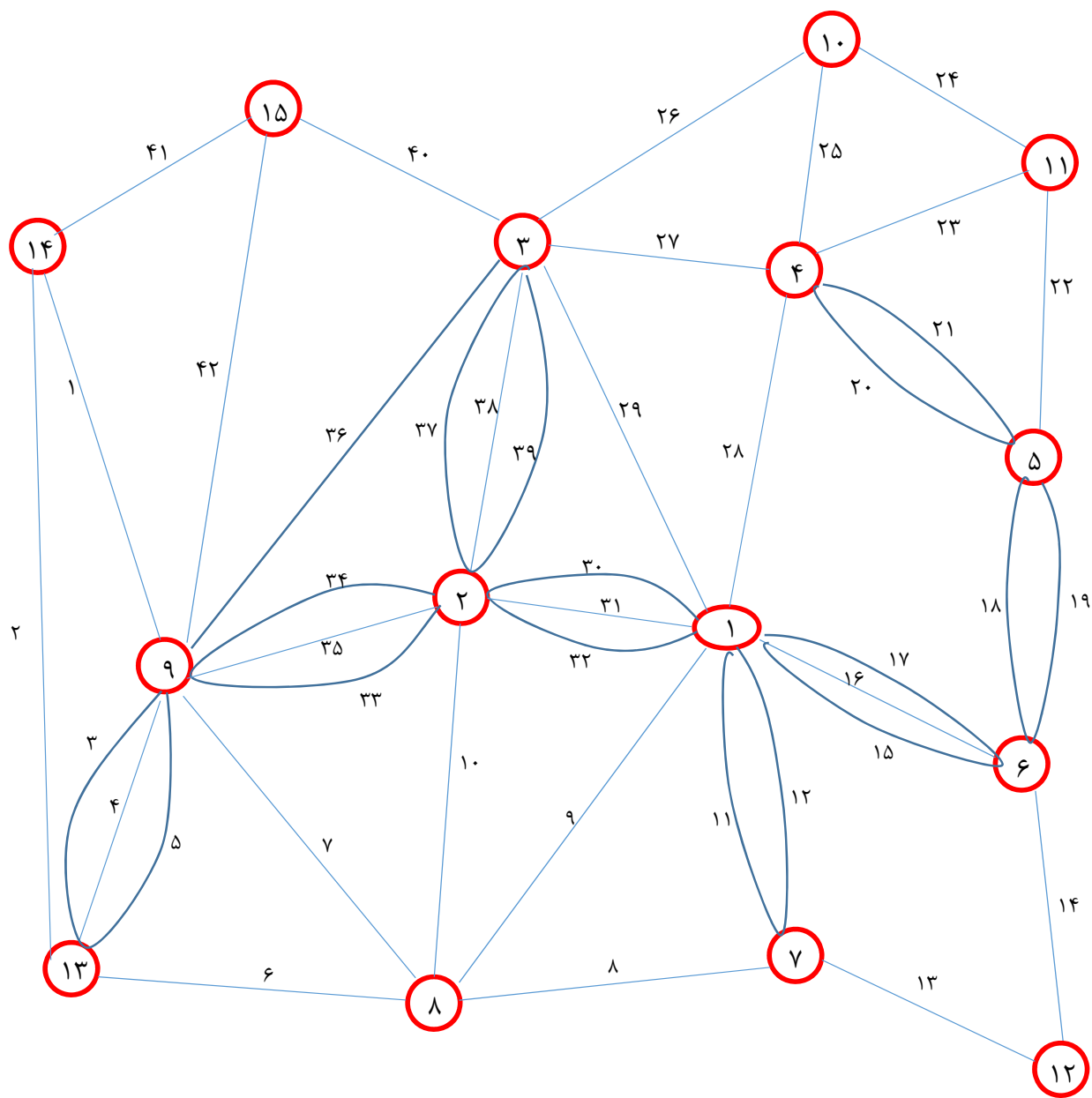
با توجه به اینکه شهر مشهد از کمان‌های بسیاری تشکیل شده است و در نظر گرفتن تمام این کمان‌ها برای آنالیز، بررسی و تخمین ماتریس مبدأ- مقصد با استفاده از نرم‌افزار LINGO مستلزم وقت و زمان بسیار زیادی می‌باشد، لذا در این تحقیق به جای استفاده از نواحی ۲۵۶ گانه ترافیکی شهر مشهد، از مناطق ۱۵ گانه ترافیکی (شکل ۴-۱) به عنوان گره استفاده خواهد شد. بنابراین شبکه مورد بررسی شامل ماتریسی با ابعاد (۱۵×۱۵) خواهد بود.

برای تحلیل شبکه فوق کمان(شریان)های اصلی بین گره‌ها را به عنوان مسیر رابط بین آن‌ها در نظر گرفته (شکل ۴-۲، جدول ۴-۳ [۴۷]) و مسیرهای ممکن بین هر مبدأ-مقصد شناسایی می‌شود (جدول ۴-۴ تا ۴-۱۱) و با استفاده از روابط ۴-۳ الی ۴-۵ حجم واقعی هر کمان محاسبه می‌گردد. با توجه به این که اکثر حجم‌های عبوری از ظرفیت کمان کمتر هستند لذا زمان عبوری به دست آمده از کمان و زمان عبوری آزاد نزدیک به هم خواهد شد که نتیجه آن عدم مشاهده اختلاف زیاد حجم در تکرار مراحل محاسبه حجم کمان‌ها خواهد بود لذا محاسبات مربوط به حجم کمان‌ها با دو تکرار انجام خواهد شد. در نهایت با استفاده مدل‌های مورد نظر و استفاده از ماتریس اولیه سال ۷۳، ماتریس مبدأ-مقصد سال ۸۷ تخمین زده می‌شود و دقت آن با ماتریس واقعی مقایسه خواهد شد.

در ادامه تصاویر و جداول مربوط به مناطق و مشخصات مربوط به آنها نشان داده شده است.



شکل ۴-۱- مناطق پانزده گانه شهر مشهد



شکل ۴-۲- شبکه خلاصه شده شهر مشهد

حال بایستی برای تخمین ماتریس سفر حجم ساعتی تعدادی از کمان‌های شبکه شمارش شود. این شمارش حجم در بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل و نقل شهر مشهد انجام گردیده است که نتایج آن در ادامه مشاهده می‌شود.

جدول ۴-۲- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۷

جمع	نوع وسیله نقلیه										زمان (ساعت)
	سایر	کامیون	موتور	دوچرخه	مینی‌بوس	اتوبوس غیرواحد	اتوبوس واحد	وانت	تاکسی	شخصی- مسافرکش	
۳۱۱۰	۱	۳۷	۴۲	۰	۳۰۶	۴۰۶	۱۷۶	۷۴	۱۶۲	۱۹۰۶	۶:۰۰ - ۷:۰۰
۳۶۳۵	۰	۳۳	۱۲۲	۰	۱۳۸	۳۴۸	۲۵۶	۸۴	۱۸۰	۲۴۷۴	۷:۰۰ - ۸:۰۰
۳۲۶۷	۰	۱۱۷	۲۱۳	۰	۸۱	۳۶۰	۱۸۵	۲۹۴	۳۲۰	۱۶۹۷	۸:۰۰ - ۹:۰۰
۳۳۰۳	۰	۱۲۱	۱۴۷	۰	۱۲۹	۴۶۸	۸۸	۲۷۶	۳۷۹	۱۶۹۵	۹:۰۰ - ۱۰:۰۰
۳۶۹۹	۰	۲۰۴	۹۸	۰	۲۰۹	۸۹۸	۲۷۹	۴۰۶	۴۴۸	۱۱۵۷	۱۰:۰۰ - ۱۱:۰۰
۲۶۸۹	۰	۱۳۰	۱۲۶	۰	۳۰	۳۲۲	۹۷	۲۳۴	۳۴۲	۱۴۰۸	۱۱:۰۰ - ۱۲:۰۰
۳۰۵۶	۹	۱۰۹	۱۳۰	۰	۴۶	۲۴۹	۲۴۷	۱۷۳	۲۸۹	۱۸۰۴	۱۲:۰۰ - ۱۳:۰۰
۲۹۲۹	۰	۸۸	۸۱	۰	۵۰	۲۱۹	۲۹۳	۱۵۰	۲۲۴	۱۸۲۴	۱۳:۰۰ - ۱۴:۰۰
۱۹۷۱	۰	۴۲	۷۳	۰	۸۱	۲۲۵	۵۲	۹۳	۱۷۳	۱۲۳۲	۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰
۲۴۹۰	۰	۷۱	۸۹	۰	۵۶	۱۸۵	۱۸۷	۱۴۰	۱۹۵	۱۵۶۷	۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰
۳۶۶۲	۰	۸۳	۲۵۳	۰	۱۰۳	۳۳۶	۲۶۶	۲۱۹	۲۸۰	۲۱۲۲	۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰
۲۷۶۶	۲	۱۱۶	۲۲۱	۰	۲۷۹	۴۱۱	۳۳۲	۱۷۲	۳۵۶	۸۷۷	۱۷:۰۰ - ۱۸:۰۰
۲۹۱۸	۰	۹۵	۱۳۲	۰	۲۲۱	۳۲۱	۳۵۲	۱۲۱	۲۸۴	۱۳۹۲	۱۸:۰۰ - ۱۹:۰۰
۲۰۳۴	۰	۵۸	۸۹	۰	۱۲۱	۱۴۵	۱۴۳	۱۰۱	۲۵۶	۱۱۲۱	۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰
۴۱۵۲۹	۱۲	۱۳۰۴	۱۸۱۶	۰	۱۸۵۰	۴۸۹۳	۲۹۵۳	۲۵۳۷	۳۸۸۸	۲۲۲۷۶	جمع

جدول ۳-۴- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۱۸

زمان (ساعت)	نوع وسیله نقلیه										جمع
	شخصی- مسافرکش	تاکسی	وانت	اتوبوس واحد	اتوبوس غیرواحد	مینی بوس	دوچرخه	موتور	کامیون	سایر	
۶:۰۰ - ۷:۰۰	۴۴۰	۹۴	۶۸	۶۱۹	۴۶	۱۸۳	۵	۴۹	۱۹	۲۰	۱۵۴۳
۷:۰۰ - ۸:۰۰	۷۴۱	۲۴۵	۱۲۲	۶۸۲	۲۳۲	۲۳۴	۳	۷۹	۱۷	۲۲	۲۳۷۷
۸:۰۰ - ۹:۰۰	۵۳۲	۱۸۵	۱۷۹	۳۹۸	۳	۵۵	۶	۱۱۱	۳۶	۳۹	۱۵۴۴
۹:۰۰ - ۱۰:۰۰	۶۹۰	۳۰۳	۲۰۰	۳۶۱	۳	۳۶	۴	۷۷	۳۶	۳۸	۱۷۴۸
۱۰:۰۰ - ۱۱:۰۰	۷۹۷	۲۱۴	۲۴۹	۴۰۱	۰	۶۰	۵	۹۲	۶۹	۲۷	۱۹۱۴
۱۱:۰۰ - ۱۲:۰۰	۸۹۲	۲۸۶	۲۰۵	۳۰۲	۲۰	۷۰	۲	۱۲۴	۴۲	۱۰	۱۹۵۳
۱۲:۰۰ - ۱۳:۰۰	۱۰۳۹	۳۲۹	۲۴۲	۴۵۱	۷	۱۵۵	۱۰	۱۳۱	۸۳	۲۱	۲۴۶۸
۱۳:۰۰ - ۱۴:۰۰	۹۴۲	۲۶۰	۲۰۰	۴۹۸	۵۲	۹۰	۸	۱۱۴	۴۴	۱۲	۲۲۲۰
۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	۷۶۱	۱۹۰	۱۶۲	۴۶۱	۵۲	۱۰۵	۶	۹۴	۶۱	۲۳	۱۹۱۵
۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰	۷۱۷	۲۶۶	۲۴۷	۲۸۲	۴۳	۱۳۹	۳	۱۰۶	۶۰	۱۲	۱۸۷۵
۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰	۱۰۱۶	۲۱۶	۲۰۲	۴۴۱	۲	۷۹	۲	۱۰۲	۴۲	۳۱	۲۱۳۳
۱۷:۰۰ - ۱۸:۰۰	۱۰۰۷	۱۸۱	۱۵۰	۳۴۱	۵۰	۳۳	۹	۷۵	۲۴	۱۳	۱۸۸۳
۱۸:۰۰ - ۱۹:۰۰	۹۸۲	۱۴۶	۱۳۲	۳۷۶	۱۲۵	۱۲	۹	۸۴	۲۴	۱۸	۱۹۰۸
۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰	۱۰۴۸	۱۶۰	۹۵	۱۵۶	۰	۴۶	۱	۵۹	۱۹	۴۳	۱۶۲۷
جمع	۱۱۶۰۴	۳۰۷۵	۲۴۵۳	۵۷۶۹	۶۳۵	۱۲۹۷	۷۳	۱۲۹۶/۶۶۷	۵۷۶	۳۲۹	۲۷۱۰۸

جدول ۴-۴- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۱۹

زمان (ساعت)	نوع وسیله نقلیه										جمع
	شخصی- مسافرکش	تاکسی	وانت	اتوبوس واحد	اتوبوس غیرواحد	مینی بوس	دوچرخه	موتور	کامیون	سایر	
۶:۰۰ - ۷:۰۰	۷۴۲	۶۴	۹۶	۲۴۹	۴۹	۱۶۳	۰	۳۵	۷۶	۶	۱۴۸۰
۷:۰۰ - ۸:۰۰	۱۳۶۶	۲۱۳	۱۶۶	۷۹۹	۹۰	۲۰۹	۸	۱۲۴	۱۲۲	۱۴	۳۱۱۱
۸:۰۰ - ۹:۰۰	۱۲۵۳	۱۷۶	۲۳۹	۴۹۴	۱۳۵	۱۵۶	۲	۱۱۹	۱۶۷	۱۹	۲۷۶۰
۹:۰۰ - ۱۰:۰۰	۱۵۰۰	۱۷۰	۲۰۰	۴۸۶	۱۷۶	۱۳۲	۲	۱۱۱	۱۵۰	۷	۲۹۳۴
۱۰:۰۰ - ۱۱:۰۰	۱۸۹۰	۱۹۲	۲۲۱	۷۱۰	۱۳۸	۱۶۶	۱	۱۴۱	۱۸۶	۱۲	۳۶۵۷
۱۱:۰۰ - ۱۲:۰۰	۱۶۶۷	۱۳۵	۲۳۷	۸۹۵	۲۶۳	۲۱۰	۴	۱۲۹	۱۳۶	۴	۳۶۸۰
۱۲:۰۰ - ۱۳:۰۰	۲۰۳۴	۳۲۵	۳۱۵	۱۳۰۴	۸۶	۱۶۷	۴	۲۰۹	۲۳۱	۷	۴۶۸۲
۱۳:۰۰ - ۱۴:۰۰	۲۰۹۴	۲۰۲	۲۱۷	۸۵۷	۳۵۵	۹۲	۵	۱۴۶	۱۶۲	۱۰	۴۱۴۰
۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	۲۰۶۵	۲۹۱	۲۲۹	۷۱۷	۳۱۲	۲۶۴	۳	۱۳۸	۱۶۴	۱۴	۴۱۹۷
۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰	۱۷۸۷	۲۳۸	۲۲۲	۸۷۸	۲۵۴	۱۱۵	۱	۱۲۸	۱۶۷	۱۱	۳۸۱۱
۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰	۲۱۶۳	۲۳۰	۱۹۹	۷۸۶	۲۱۰	۸۶	۵	۱۲۵	۱۴۸	۱۲	۳۹۶۴
۱۷:۰۰ - ۱۸:۰۰	۱۱۸۳	۲۶۸	۲۸۱	۶۷۹	۳۴۴	۱۶۶	۰	۷۱	۱۵۱	۶	۳۱۴۹
۱۸:۰۰ - ۱۹:۰۰	۱۶۳۹	۳۲۴	۲۵۶	۶۴۱	۲۴۳	۱۳۹	۱	۱۳۴	۱۷۱	۴	۳۵۵۲
۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰	۱۴۹۸	۲۵۶	۲۳۲	۴۸۸	۲۳۷	۱۷۶	۳	۱۰۷	۱۵۶	۳	۳۱۵۶
جمع	۲۲۸۸۰/۸	۳۰۸۴	۳۱۱۰	۹۹۸۳	۲۸۹۲	۲۲۴۱	۳۹	۱۷۲۷	۲۱۸۷	۱۲۹	۴۸۲۷۳

جدول ۴-۵- تعداد سرنشینان ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۲۷

زمان (ساعت)	نوع وسیله نقلیه										جمع
	شخصی-مسافرکش	تاکسی	وانت	اتوبوس واحد	اتوبوس غیر واحد	مینیبوس	دوچرخه	موتور	کامیون	سایر	
۶:۰۰ - ۷:۰۰	۶۰۴	۱۱۹	۴۹	۲۳۶۸	۳۲۸	۳۵۹	۲۲	۱۵۷	۲۵	۰	۴۰۳۱
۷:۰۰ - ۸:۰۰	۹۳۳	۲۶۵	۹۷	۲۷۲۵	۷۶	۱۹۸	۱۵	۳۱۵	۱۴	۰	۴۶۳۸
۸:۰۰ - ۹:۰۰	۹۴۲	۲۹۱	۱۲۳	۱۷۳۰	۱	۲۱	۲۱	۳۴۲	۹	۱	۳۴۸۱
۹:۰۰ - ۱۰:۰۰	۸۵۶	۲۸۸	۱۵۹	۱۶۲۱	۱۱	۲۹	۷	۳۷۱	۲۷	۲	۳۳۷۱
۱۰:۰۰ - ۱۱:۰۰	۹۰۷	۱۷۵	۱۵۷	۱۲۰۰	۰	۳۰	۸	۳۴۳	۱۹	۴	۲۸۴۳
۱۱:۰۰ - ۱۲:۰۰	۸۴۵	۱۹۳	۱۷۵	۱۰۰۵	۲	۲۷	۱۴	۳۷۱	۱۵	۲	۲۶۴۹
۱۲:۰۰ - ۱۳:۰۰	۸۸۴	۲۶۳	۱۷۱	۸۱۰	۲۲	۶۸	۲۲	۳۷۶	۱۱	۴	۲۶۳۱
۱۳:۰۰ - ۱۴:۰۰	۸۶۰	۱۴۹	۱۲۴	۸۸۷	۸۵	۱۲۴	۱۶	۳۸۰	۲۰	۰	۲۶۴۵
۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	۷۲۱	۱۵۰	۱۰۶	۸۰۵	۸۳	۱۰۱	۵	۱۷۱	۱۰	۰	۲۱۵۲
۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰	۸۹۲	۱۴۲	۱۲۳	۱۱۸۵	۱۱	۳۵	۱۲	۲۴۱	۵	۰	۲۶۴۶
۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰	۹۳۰	۲۲۹	۱۶۰	۱۲۰۵	۵	۲۸	۷	۲۸۴	۸	۳	۲۸۵۹
۱۷:۰۰ - ۱۸:۰۰	۹۱۱	۲۷۵	۱۲۶	۷۲۹	۱	۲۶	۷	۲۹۷	۲	۰	۲۳۷۴
۱۸:۰۰ - ۱۹:۰۰	۹۴۹	۲۳۳	۱۵۴	۶۵۰	۲	۲۱	۱۵	۳۵۱	۸	۶	۲۳۸۹
۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰	۹۲۶	۱۹۰	۱۸۲	۴۲۴	۴۱	۳۰	۸	۳۱۳	۱۰	۰	۲۱۲۴
جمع	۱۳۱۶۰	۲۹۶۲	۱۹۰۶	۱۷۳۴۴	۶۶۸	۱۰۹۷	۱۷۹	۴۳۱۲	۱۸۳	۲۲	۴۰۸۳۳

جدول ۴-۶- تعداد سرنشینان ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۲۸

زمان (ساعت)	نوع وسیله نقلیه										جمع
	شخصی-مسافرکش	تاکسی	وانت	اتوبوس واحد	اتوبوس غیر واحد	مینیبوس	دوچرخه	موتور	کامیون	سایر	
۶:۰۰ - ۷:۰۰	۱۳۱۱	۱۶۹	۵۰	۳۵۰۵	۴۰۲	۳۱۳	--	--	۲۵	۰	۵۶۷۵
۷:۰۰ - ۸:۰۰	۱۸۵۲	۲۵۴	۸۳	۵۸۸۰	۶۸	۲۴۰	--	--	۲۶	۰	۸۴۰۳
۸:۰۰ - ۹:۰۰	۱۲۳۸	۳۰۸	۲۲۰	۵۹۵۳	۱۲۹	۱۳۳	--	--	۳۲	۱۴	۸۰۲۷
۹:۰۰ - ۱۰:۰۰	۱۱۵۸	۴۱۴	۱۹۷	۲۷۸۰	۲۴	۸۶	--	--	۶۹	۱۱	۴۷۳۹
۱۰:۰۰ - ۱۱:۰۰	۱۳۷۱	۴۰۷	۱۷۰	۲۴۰۰	۵۰	۶۶	--	--	۶۰	۱۴	۴۴۳۸
۱۱:۰۰ - ۱۲:۰۰	۹۱۱	۲۴۵	۱۰۸	۱۶۹۰	۱۰	۴۸	--	--	۳۹	۰	۳۰۵۱
۱۲:۰۰ - ۱۳:۰۰	۱۴۷۷	۱۷۱	۷۱	۱۷۲۰	۴۳	۱۰۱	--	--	۱۵	۳	۳۶۰۱
۱۳:۰۰ - ۱۴:۰۰	۱۳۸۵	۱۷۳	۶۹	۱۸۴۵	۹	۱۶۱	--	--	۴۱	۹	۳۶۹۲
۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	۱۵۳۱	۱۴۰	۶۵	۱۸۳۵	۴۲	۵۴	--	--	۱۷	۱	۳۶۸۵
۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰	۱۲۳۰	۲۳۸	۹۰	۲۷۴۰	۰	۳۷	--	--	۱۷	۰	۴۳۵۲
۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰	۱۳۷۵	۲۴۲	۸۰	۲۴۵۰	۳۱	۵۰	--	--	۱۲	۰	۴۱۴۰
۱۷:۰۰ - ۱۸:۰۰	۱۷۱۸	۲۲۸	۷۳	۱۹۶۰	۳	۵۸	--	--	۱۴	۲	۴۰۵۶
۱۸:۰۰ - ۱۹:۰۰	۱۸۸۹	۱۹۱	۶۹	۹۷۵	۰	۳۰	--	--	۹	۳	۳۱۶۶
۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰	۱۶۱۹	۱۶۳	۹۳	۷۴۶	۳	۴۲	--	--	۷	۶	۲۶۷۹
جمع	۱۹۷۶۳	۳۳۴۳	۱۴۳۸	۳۶۴۷۹	۸۱۴	۱۴۱۹	۰	۰	۳۸۳	۶۳	۶۳۷۰۲

جدول ۴-۷- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۳۳

زمان (ساعت)	نوع وسیله نقلیه										جمع
	شخصی- مسافرکش	تاکسی	وانت	اتوبوس واحد	اتوبوس غیرواحد	مینی بوس	دوچرخه	موتور	کامیون	سایر	
۶:۰۰ - ۷:۰۰	۵۵۸	۱۹۶	۴۸	۳۲۰	۰	۶۱	۰	۳۲	۵	۰	۱۲۲۰
۷:۰۰ - ۸:۰۰	۷۶۳	۲۵۳	۶۸	۴۳۵	۰	۱۹	۰	۶۳	۳	۰	۱۶۰۴
۸:۰۰ - ۹:۰۰	۵۹۴	۲۳۰	۵۵	۲۶۰	۰	۵۹	۰	۶۴	۳	۰	۱۲۶۵
۹:۰۰ - ۱۰:۰۰	۷۳۹	۳۴۰	۷۰	۴۸۵	۵۲	۳	۰	۶۵	۳	۰	۱۷۵۷
۱۰:۰۰ - ۱۱:۰۰	۸۲۵	۴۴۱	۷۹	۴۳۰	۰	۴	۰	۸۱	۷	۰	۱۸۶۷
۱۱:۰۰ - ۱۲:۰۰	۷۹۳	۴۷۵	۸۰	۲۴۰	۷	۳	۰	۱۱۹	۶	۰	۱۷۲۳
۱۲:۰۰ - ۱۳:۰۰	۸۰۰	۴۰۴	۷۴	۲۰۸	۱	۲۲	۰	۱۲۳	۷	۰	۱۶۳۹
۱۳:۰۰ - ۱۴:۰۰	۸۵۸	۴۶۷	۷۳	۶۱۰	۱۵	۶۵	۰	۱۶۰	۶	۰	۲۲۵۴
۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	۸۴۳	۲۶۲	۵۸	۳۳۰	۰	۶۸	۰	۱۵۲	۴	۰	۱۷۱۷
۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰	۸۱۷	۱۵۹	۶۲	۲۷۵	۱۰	۱۵	۰	۵۴	۵	۰	۱۳۹۷
۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰	۷۷۹	۱۹۹	۵۵	۳۳۰	۰	۳	۰	۱۰۳	۸	۰	۱۴۷۷
۱۷:۰۰ - ۱۸:۰۰	۹۴۴	۲۴۱	۶۹	۴۱۶	۱۰	۳۱	۰	۸۶	۵	۰	۱۸۰۲
۱۸:۰۰ - ۱۹:۰۰	۱۰۰۲	۲۷۴	۵۲	۳۹۰	۰	۶	۰	۹۲	۳	۰	۱۸۱۹
۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰	۷۷۵	۲۳۲	۷۶	۲۴۵	۰	۳	۰	۸۲	۳	۰	۱۴۱۶
جمع	۱۱۰۹۰	۴۱۷۳	۹۱۹	۴۹۷۴	۹۵	۳۶۲	۰	۱۲۷۶	۶۸	۰	۲۲۹۵۷

جدول ۴-۸- تعداد سرنشین ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۳۴

زمان (ساعت)	نوع وسیله نقلیه										جمع
	شخصی- مسافرکش	تاکسی	وانت	اتوبوس واحد	اتوبوس غیرواحد	مینی بوس	دوچرخه	موتور	کامیون	سایر	
۶:۰۰ - ۷:۰۰	۱۶۸۷	۲۸۱	۶۲	۱۱۳۴	۱۴۹	۳۲۳	۰	۷۵	۷	۰	۳۷۱۸
۷:۰۰ - ۸:۰۰	۳۳۱۳	۹۹۸	۱۵۸	۲۱۷۹	۱۴۳	۱۰۰۲	۰	۲۱۱	۲۳	۰	۸۰۲۷
۸:۰۰ - ۹:۰۰	۲۷۱۸	۷۷۲	۲۰۱	۱۵۶۸	۶۵	۲۱۳	۰	۲۵۱	۱۳	۰	۵۸۰۱
۹:۰۰ - ۱۰:۰۰	۱۶۴۴	۸۱۱	۲۸۲	۹۷۷	۱۰۰	۱۸۷	۰	۱۵۸	۲۸	۱۴	۴۲۰۱
۱۰:۰۰ - ۱۱:۰۰	۹۹۴	۸۰۹	۲۶۴	۱۶۰۵	۵۶	۲۰۶	۰	۲۱۸	۳۴	۳	۴۱۸۹
۱۱:۰۰ - ۱۲:۰۰	۹۹۱	۵۴۰	۱۸۸	۱۲۰۳	۶۱	۱۴۱	۰	۲۲۲	۱۴	۱	۳۳۶۱
۱۲:۰۰ - ۱۳:۰۰	۸۴۴	۳۶۴	۱۴۴	۱۵۸۹	۶۵	۱۰۸	۰	۱۷۰	۳۳	۰	۳۳۱۷
۱۳:۰۰ - ۱۴:۰۰	۵۸۶	۳۰۸	۸۳	۱۱۳۱	۸	۸۴	۰	۱۴۸	۷	۱	۲۳۵۶
۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	۴۷۴	۳۴۶	۱۲۸	۱۵۳۳	۸۱	۱۱۲	۰	۱۷۰	۱۴	۴	۲۸۶۲
۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰	۹۶۱	۲۶۳	۱۳۷	۱۸۸۴	۲۸	۱۸۷	۰	۱۱۱	۱۹	۰	۳۵۹۰
۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰	۹۸۲	۳۷۴	۱۲۴	۱۴۴۶	۶۵	۲۵۴	۰	۱۲۷	۱۳	۰	۳۳۸۵
۱۷:۰۰ - ۱۸:۰۰	۱۰۵۰	۳۳۱	۱۰۴	۱۱۳۵	۳۷	۱۴۲	۰	۱۴۲	۷	۴	۲۹۵۲
۱۸:۰۰ - ۱۹:۰۰	۱۱۱۱	۲۷۱	۶۹	۱۳۵۵	۵۰	۷۳	۰	۷۶	۰	۰	۳۰۰۵
۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰	۸۵۳	۱۸۹	۴۹	۵۷۱	۶۰	۴	۰	۵۰	۱	۰	۱۷۷۷
جمع	۱۸۲۰۸	۶۶۵۷	۱۹۹۳	۱۹۳۱۰	۹۶۸	۳۰۳۶	۰	۲۱۲۹	۲۱۳	۲۷	۵۲۵۴۱

جدول ۴-۹- تعداد سرنشینان ساعتی وسایل نقلیه در کمان شماره ۳۸

زمان (ساعت)	نوع وسیله نقلیه										جمع
	شخصی- مسافرکش	تاکسی	وانت	اتوبوس واحد	اتوبوس غیر واحد	مینی بوس	دوچرخه	موتور	کامیون	سایر	
۶:۰۰ - ۷:۰۰	۴۹۰	۱۵۶	۴۳	۲۷۸	۳۶	۲۲۰	۷	۳۲	۱۵	۳	۱۲۸۰
۷:۰۰ - ۸:۰۰	۸۵۸	۲۵۹	۶۳	۶۲۳	۳۶	۱۴۱	۱۱	۱۰۳	۱۲	۶	۲۱۱۲
۸:۰۰ - ۹:۰۰	۷۷۹	۳۰۶	۹۵	۳۹۶	۲	۲۳	۸	۱۷۹	۲۵	۴	۱۸۱۷
۹:۰۰ - ۱۰:۰۰	۹۵۴	۳۶۰	۱۰۹	۳۹۵	۴۰	۱۷	۱۱	۲۳۳	۴۱	۵	۲۱۶۵
۱۰:۰۰ - ۱۱:۰۰	۸۳۲	۳۷۶	۲۶۸	۵۷۰	۰	۲۵	۱۲	۲۵۲	۳۳	۸	۲۳۷۶
۱۱:۰۰ - ۱۲:۰۰	۸۷۲	۴۸۶	۲۴۶	۵۱۵	۱	۲۹	۱۲	۲۸۱	۳۸	۶	۲۴۸۶
۱۲:۰۰ - ۱۳:۰۰	۱۲۳۴	۴۷۱	۲۱۰	۴۹۵	۲	۱۲۷	۲۱	۳۳۳	۲۹	۲	۲۹۲۴
۱۳:۰۰ - ۱۴:۰۰	۱۰۹۷	۳۶۰	۲۳۲	۷۵۰	۱۳	۱۵۰	۲۰	۴۱۱	۲۱	۴	۳۰۵۸
۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	۱۰۸۱	۲۵۶	۲۳۹	۴۸۰	۲	۱۰۱	۱۱	۱۸۹	۳۵	۱	۲۳۹۵
۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰	۱۰۰۴	۲۴۷	۲۱۰	۵۴۵	۱۱	۷۱	۱۱	۲۴۰	۲۲	۲	۲۳۶۳
۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰	۱۰۳۲	۴۰۱	۲۴۸	۸۶۰	۴۰	۴۱	۱۶	۴۰۹	۱۳	۳	۳۰۶۳
۱۷:۰۰ - ۱۸:۰۰	۱۱۷۰	۴۵۴	۱۹۹	۵۷۱	۲	۳۲	۲۰	۳۰۸	۱۹	۳	۲۷۷۸
۱۸:۰۰ - ۱۹:۰۰	۱۰۰۲	۴۹۴	۲۱۸	۹۵۶	۱۰	۵۴	۲۷	۳۳۳	۱۵	۲	۳۱۱۱
۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰	۱۱۱۷	۴۳۶	۲۳۶	۵۹۷	۶۲	۳۳	۱۸	۳۵۶	۲۵	۴	۲۸۸۴
جمع	۱۳۵۲۲	۵۰۶۲	۲۶۱۶	۸۰۳۱	۲۵۷	۱۰۶۴	۲۰۵	۳۶۵۹	۳۴۳	۵۳	۳۴۸۱۲

جدول ۴-۱۰- حجم کمان‌های شمارش شده جهت تخمین ماتریس

شماره کمان	نام کمان	تعداد عبور	حجم شمارش شده ساعتی	شماره کمان	نام کمان	تعداد عبور	حجم شمارش شده ساعتی
۱	روگذر امامت-اندیشه			۲۲	بزرگراه بابانظر(مفتح)		
۲	نمایشگاه- میثاق			۲۳	بزرگراه بابانظر(آوینی)		
۳	پل صیاد شیرازی			۲۴	بزرگراه بابانظر (طبرسی)		
۴	پل هفت تیر(آب و برق)			۲۵	رسالت(شهید میرزایی)		
۵	پل سیدرضی			۲۶	چراغچی(امام حسین)		
۶	بلوار پیروزی(میدان حر)			۲۷	گاز-استکی(۴ راه گاز)	۴۴	۳۴۸۱
۷	پل آزادی(فلکه پارک)	۳۹	۳۶۹۹	۲۸	بلوار طبرسی جنوبی(شهدای گمنام)	۴۲	۸۴۰۳
۸	بزرگراه کلانتری(م جهاد)			۲۹	۴راه خواجه ربیع(کامیاب-کشوری)		
۹	دانشگاه- کوهسنگی			۳۰	بلوار توحید(م توحید)		
۱۰	منتظری-فلسطین			۳۱	سناباد-دانشگاه (م سعدی)		
۱۱	بلوار امام خمینی (میدان ۱۰ دی)			۳۲	۴راه دکتری(خ ابن سینا)		
۱۲	خیابان امام رضا(چهارراه دانش)			۳۳	۴راه خیام(سجاد-دستغیب)	۴	۲۲۵۴
۱۳	سلسله الذهب-کلانتری			۳۴	بلوار فردوسی (تقاطع با خیام)	۱۶	۸۰۲۷
۱۴	بزرگراه بسیج(عمار یاسر)			۳۵	بلوار توس(تقاطع خیام)		
۱۵	بلوار مصلی(چهارراه مصلی)			۳۶	بلوار خیام(تقاطع توس)		
۱۶	خیابان صدر شمالی			۳۷	موسوی قوچانی(تقاطع حرعاملی)		
۱۷	سرخس - نواب صفوی			۳۸	بلوار ابوطالب(م ابوطالب)	۱۵	۳۱۱۱
۱۸	سرخس - عباس پور(پل سرخس)	۸	۲۳۷۷	۳۹	بلوار مطهری(تقاطع حرعاملی)		
۱۹	بسیج - بابانظر(حر)	۴۶	۴۶۸۲	۴۰	چراغچی(میدان سپاد)		
۲۰	بلوار مجلسی(م میرزا کوچک خان)			۴۱	جاده سنتو		
۲۱	بلوار مفتح(م مفتح)			۴۲	بلوار آزادی(میدان قائم)		

در ادامه مسیرهای اصلی بین هر مبدأ و مقصد نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۱- مسیرهای مقصد مربوط به مبدأ شماره ۱ و ۲

مبدأ	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان‌های مسیر	مبدأ	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان‌های مسیر
۱	۲	۱	۳۰	۲	۱	۳۱	۳۱
		۲	۳۱			۲	۳۲
	۳	۱	۲۹		۳	۱	۳۷
		۲	۲۷-۲۸			۲	۳۸
	۴	۱	۲۸		۴	۱	۲۸-۳۲
		۲	۲۷-۲۹			۲	۲۷-۳۹
	۵	۱	۲۰-۲۸		۵	۱	۲۰-۲۸-۳۲
		۲	۱۹-۱۷			۲	۲۱-۲۷-۳۹
	۶	۱	۱۵		۶	۱	۱۶-۳۲
		۲	۱۷			۲	۱۷-۳۱
	۷	۱	۱۱		۷	۱	۱۲-۳۲
		۲	۱۲			۲	۱۱-۳۲
	۸	۱	۹		۸	۱	۱۰
		۲	۸-۱۱			۲	۷-۳۴
	۹	۱	۳۴-۳۰		۹	۱	۳۳
		۲	۷-۹			۲	۳۴
	۱۰	۱	۲۶-۲۷-۲۸		۱۰	۱	۲۶-۳۹
		۲	۲۵-۲۸			۲	۲۶-۳۸
	۱۱	۱	۲۳-۲۸		۱۱	۱	۲۳-۲۷-۳۹
		۲	۲۲-۱۹-۱۷			۲	۲۳-۲۷-۳۸
	۱۲	۱	۱۴-۱۷		۱۲	۱	۱۳-۸-۱۰
		۲	۱۳-۱۲			۲	۱۴-۱۵-۳۲
	۱۳	۱	۶-۹		۱۳	۱	۶-۱۰
		۲	۶-۸-۱۱			۲	۵-۳۴
	۱۴	۱	۱-۷-۹		۱۴	۱	۱-۳۴
		۲	۲-۶-۹			۲	۴۱-۴۰-۳۷
	۱۵	۱	۴۰-۳۹		۱۵	۱	۴۰-۳۷
		۲	۴۲-۷-۹			۲	۴۲-۳۴

جدول ۴-۱۲- مسیرهای مقصد مربوط به مبدأ شماره ۳ و ۴

مبدأ	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان‌های مسیر	مبدأ	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان‌های مسیر
۴	۱	۱	۲۸	۳	۱	۱	۲۹
		۲	۲۹-۲۷			۲	۳۰-۳۹
	۲	۱	۳۸-۲۷		۲	۱	۳۸
		۲	۳۰-۲۸			۲	۳۹
	۴	۱	۲۷		۴	۱	۲۷
		۲	۲۶-۲۵			۲	۲۵-۲۶
	۵	۱	۲۰		۵	۱	۲۱-۲۷
		۲	۲۱			۲	۲۰-۲۷
	۶	۱	۱۹-۲۱		۶	۱	۱۵-۲۹
		۲	۱۸-۲۰			۲	۱۹-۲۲-۲۳-۲۷
	۷	۱	۱۲-۲۸		۷	۱	۱۱-۲۹
		۲	۱۱-۲۸			۲	۱۲-۲۹
	۸	۱	۹-۲۸		۸	۱	۱۰-۳۸
		۲	۸-۱۱-۲۸			۲	۱۰-۳۷
	۹	۱	۷-۸-۱۲-۲۸		۹	۱	۳۶
		۲	۳۶-۲۷			۲	۴۲-۴۰
	۱۰	۱	۲۵		۱۰	۱	۲۶
		۲	۲۶-۲۷			۲	۲۵-۲۷
	۱۱	۱	۲۳		۱۱	۱	۲۲-۲۱-۲۷
		۲	۲۲-۲۱			۲	۲۳-۲۷
	۱۲	۱	۱۴-۱۹-۲۱		۱۲	۱	۱۴-۱۹-۲۲-۲۳-۲۷
		۲	۱۳-۱۲-۲۸			۲	۱۳-۱۲-۲۹
	۱۳	۱	۶-۸-۱۲-۲۸		۱۳	۱	۴-۳۶
		۲	۲-۴۱-۴۰-۲۷			۲	۲-۴۱-۴۰
	۱۴	۱	۴۱-۴۰-۲۷		۱۴	۱	۴۱-۴۰
		۲	۱-۳۶-۲۷			۲	۱-۳۴-۳۸
	۱۵	۱	۴۰-۲۷		۱۵	۱	۴۰
		۲	۴۲-۳۴-۳۷-۲۷			۲	۴۲-۳۴-۳۷

جدول ۴-۱۳- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۵ و ۶

مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر	مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر
۵	۱	۱	۱۵	۶	۱	۱	۱۷-۱۸
		۲	۱۶			۲	۲۸-۲۱
	۲	۱	۳۰-۱۷		۲	۱	۳۸-۲۷-۲۱
		۲	۱۰-۸-۱۳-۱۴			۲	۳۰-۱۵-۱۹
	۳	۱	۲۹-۱۷		۳	۱	۲۷-۲۱
		۲	۲۷-۲۱-۱۹			۲	۲۷-۲۳-۲۲
	۴	۱	۲۱-۱۹		۴	۱	۲۱
		۲	۲۸-۱۷			۲	۲۰
	۵	۱	۱۸		۶	۱	۱۹
		۲	۱۹			۲	۱۸
	۷	۱	۱۳-۱۴		۷	۱	۱۳-۱۴-۱۹
		۲	۱۲-۱۵			۲	۱۲-۱۶-۱۸
	۸	۱	۹-۱۵		۸	۱	۸-۱۳-۱۴-۱۹
		۲	۸-۱۳-۱۴			۲	۹-۲۸-۲۱
	۹	۱	۷-۸-۱۳-۱۴		۹	۱	۷-۹-۲۸-۲۱
		۲	۳۴-۳۰-۱۵			۲	۹-۸-۱۳-۱۴-۱۹
	۱۰	۱	۲۵-۲۳-۲۲-۱۹		۱۰	۱	۲۴-۲۲
		۲	۲۵-۲۱-۱۸			۲	۲۵-۲۳-۲۲
	۱۱	۱	۲۲-۱۹		۱۱	۱	۲۲
		۲	۲۲-۱۸			۲	۲۳-۲۱
	۱۲	۱	۱۴		۱۲	۱	۱۴-۱۹
		۲	۱۳-۱۲-۱۵			۲	۱۴-۱۸
	۱۳	۱	۶-۸-۱۳-۱۴		۱۳	۱	۶-۸-۱۳-۱۴-۱۹
		۲	۶-۹-۱۶			۲	۶-۹-۱۷-۱۸
	۱۴	۱	۲-۶-۸-۱۳-۱۴		۱۴	۱	۲-۶-۸-۱۳-۱۴-۱۹
		۲	۴۱-۴۰-۲۷-۲۳-۲۲-۱۹			۲	۴۱-۴۰-۲۶-۲۵-۲۳-۲۲
	۱۵	۱	۴۰-۲۷-۲۳-۲۲-۱۹		۱۵	۱	۴۰-۲۷-۲۱
		۲	۴۱-۲-۶-۸-۱۳-۱۴			۲	۴۰-۲۶-۲۵-۲۱

جدول ۴-۱۴- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۷ و ۸

مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر	مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر
<	۱	۱	۹	>	۱	۱	۱۱
		۲	۳۲-۱۰			۲	۱۲
	۲	۱	۱۰		۲	۱	۳۱-۱۱
		۲	۳۴-۷			۲	۱۰-۸
	۳	۱	۳۹-۱۰		۳	۱	۳۸-۱۰-۸
		۲	۲۹-۹			۲	۲۹-۱۱
	۴	۱	۲۸-۹		۴	۱	۲۸-۱۲
		۲	۲۷-۳۹-۱۰			۲	۲۱-۱۹-۱۴-۱۳
	۵	۱	۱۹-۱۴-۱۳-۸		۵	۱	۱۹-۱۴-۱۳
		۲	۲۱-۲۸-۱۲			۲	۱۸-۱۴-۱۳
	۶	۱	۱۵-۹		۶	۱	۱۴-۱۳
		۲	۱۴-۱۳-۸			۲	۱۵-۱۲
	۸	۱	۸		۸	۱	۸
		۲	۱۱-۹			۲	۹-۱۱
	۹	۱	۷		۹	۱	۷-۸
		۲	۵-۶			۲	۵-۶-۸
	۱۰	۱	۲۶-۳۸-۱۰		۱۰	۱	۲۵-۲۸-۱۲
		۲	۲۵-۲۸-۹			۲	۲۵-۲۱-۱۹-۱۴-۱۳
	۱۱	۱	۲۲-۱۹-۱۴-۱۳-۸		۱۱	۱	۲۲-۱۹-۱۴-۱۳
		۲	۲۳-۲۸-۹			۲	۲۳-۲۸-۱۲
	۱۲	۱	۱۳-۸		۱۲	۱	۱۳
		۲	۱۴-۱۷-۹			۲	۱۴-۱۵-۱۲
	۱۳	۱	۶		۱۳	۱	۶-۸
		۲	۴-۷			۲	۴-۷-۸
	۱۴	۱	۲-۶		۱۴	۱	۲-۶-۸
		۲	۱-۷			۲	۱-۷-۸
	۱۵	۱	۴۱-۲-۶		۱۵	۱	۴۱-۲-۶-۸
		۲	۴۲-۷			۲	۴۰-۲۷-۲۳-۲۲-۱۹-۱۴-۱۳

جدول ۴-۱۵- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۹ و ۱۰

مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر	مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر
۵	۱	۱	۲۸-۲۵	۱۰	۱	۱	۳۲-۳۳
		۲	۲۹-۲۶			۲	۹-۷
	۲	۱	۳۸-۲۶		۲	۱	۳۴
		۲	۳۱-۲۸-۲۵			۲	۳۵
	۳	۱	۲۶		۳	۱	۳۶
		۲	۲۷-۲۵			۲	۴۰-۴۲
	۴	۱	۲۵		۴	۱	۲۷-۳۶
		۲	۲۷-۲۶			۲	۲۵-۲۶-۴۰-۴۲
	۵	۱	۲۲-۲۴		۵	۱	۱۹-۱۴-۱۳-۸-۷
		۲	۲۲-۲۳-۲۵			۲	۲۱-۲۵-۲۶-۳۶
	۶	۱	۱۹-۲۲-۲۳-۲۵		۶	۱	۱۴-۱۳-۸-۷
		۲	۱۸-۲۱-۲۵			۲	۱۵-۹-۷
	۷	۱	۱۲-۲۸-۲۵		۷	۱	۸-۷
		۲	۱۳-۱۴-۱۹-۲۲-۲۳-۲۵			۲	۸-۶-۴
	۸	۱	۱۰-۳۸-۲۶		۸	۱	۷
		۲	۸-۱۳-۱۴-۱۹-۲۲-۲۳-۲۵			۲	۶-۵
	۹	۱	۳۶-۲۶		۱۰	۱	۲۶-۳۶
		۲	۴۲-۴۰-۲۶			۲	۲۶-۴۰-۴۲
	۱۱	۱	۲۳-۲۵		۱۱	۱	۲۳-۲۷-۴۰-۴۲
		۲	۲۴			۲	۲۲-۱۹-۱۴-۱۳-۸-۷
	۱۲	۱	۱۴-۱۹-۲۲-۲۳-۲۵		۱۲	۱	۱۳-۸-۷
		۲	۱۴-۱۸-۲۱-۲۵			۲	۱۴-۱۷-۳۲-۳۳
	۱۳	۱	۲-۴۱-۴۰-۲۶		۱۳	۱	۴
		۲	۴-۴۲-۴۰-۲۶			۲	۵
	۱۴	۱	۴۱-۴۰-۲۶		۱۴	۱	۱
		۲	۱-۷-۹-۲۸-۲۵			۲	۲-۴
	۱۵	۱	۴۰-۲۶		۱۵	۱	۴۲
		۲	۴۲-۷-۹-۲۸-۲۵			۲	۴۱-۱

جدول ۱۶-۴- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۱۱ و ۱۲

مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر	مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر
=	۱	۱	۱۷-۱۴	=	۱	۱	۲۸-۲۳
		۲	۱۲-۱۳			۲	۱۵-۱۹-۲۲
	۲	۱	۱۰-۸-۱۳		۲	۱	۳۸-۲۷-۲۳
		۲	۳۱-۱۱-۱۳			۲	۳۰-۲۸-۲۳
	۳	۱	۳۸-۱۰-۸-۱۳		۳	۱	۲۷-۲۳
		۲	۲۹-۱۲-۱۳			۲	۲۶-۲۵-۲۳
	۴	۱	۲۱-۱۹-۱۴		۴	۱	۲۳
		۲	۲۸-۱۲-۱۳			۲	۲۱-۲۲
	۵	۱	۱۹-۱۴		۵	۱	۲۲
		۲	۲۱-۲۸-۱۲-۱۳			۲	۲۰-۲۳
	۶	۱	۱۴		۶	۱	۱۹-۲۲
		۲	۱۷-۱۲-۱۳			۲	۱۸-۲۲
	۷	۱	۱۳		۷	۱	۱۳-۱۴-۱۹-۲۲
		۲	۱۱-۱۵-۱۴			۲	۱۲-۲۸-۲۳
	۸	۱	۸-۱۳		۸	۱	۸-۱۳-۱۴-۱۹-۲۲
		۲	۹-۱۷-۱۴			۲	۹-۲۸-۲۳
	۹	۱	۷-۸-۱۳		۹	۱	۳۶-۲۶-۲۵-۲۳
		۲	۷-۹-۱۵-۱۴			۲	۴۲-۴۰-۲۶-۲۵-۲۳
	۱۰	۱	۲۴-۲۲-۱۹-۱۴		۱۰	۱	۲۴
		۲	۲۵-۲۱-۱۹-۱۴			۲	۲۵-۲۳
	۱۱	۱	۲۲-۱۹-۱۴		۱۲	۱	۱۴-۱۹-۲۲
		۲	۲۳-۲۸-۱۱-۱۳			۲	۱۳-۱۱-۲۸-۲۳
	۱۳	۱	۶-۸-۱۳		۱۳	۱	۶-۸-۱۳-۱۴-۱۹-۲
		۲	۴-۷-۸-۱۳			۲	۵-۴۲-۴۰-۲۶-۲۵-۲۳
	۱۴	۱	۲-۶-۸-۱۳		۱۴	۱	۴۱-۴۰-۲۶-۲۵-۲۳
		۲	۱-۷-۸-۱۳			۲	۱-۷-۹-۲۸-۲۳
	۱۵	۱	۴۱-۲-۶-۸-۱۳		۱۵	۱	۴۰-۲۶-۲۵-۲۳
		۲	۴۲-۷-۸-۱۳			۲	۴۰-۲۷-۲۳

جدول ۴-۱۷- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۱۳ و ۱۴

مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر	مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر
۱۴	۱	۱	۲۸-۴۰-۴۱	۱۴	۱	۱	۹-۶
		۲	۹-۷-۱			۲	۱۱-۸-۶
	۲	۱	۳۴-۱		۲	۱	۱۰-۶
		۲	۳۷-۴۰-۴۱			۲	۳۴-۴
	۳	۱	۴۰-۴۱		۳	۱	۳۶-۵
		۲	۳۶-۱			۲	۴۰-۴۱-۲
	۴	۱	۲۷-۴۰-۴۱		۴	۱	۲۸-۱۱-۸-۶
		۲	۲۸-۳۲-۳۴-۱			۲	۲۷-۴۰-۴۱-۲
	۵	۱	۲۱-۲۷-۴۰-۴۱		۵	۱	۱۹-۱۴-۱۳-۸-۶
		۲	۱۸-۱۷-۳۲-۳۵-۱			۲	۲۰-۲۷-۴۰-۴۲-۵
	۶	۱	۱۴-۱۳-۸-۷-۱		۶	۱	۱۴-۱۳-۸-۶
		۲	۱۷-۲۸-۴۰-۴۱			۲	۱۷-۹-۶
	۷	۱	۸-۷-۱		۷	۱	۸-۶
		۲	۸-۶-۲			۲	۱۱-۳۲-۳۴-۴
	۸	۱	۷-۱		۸	۱	۶
		۲	۶-۲			۲	۷-۵
	۹	۱	۱		۹	۱	۴
		۲	۳-۲			۲	۵
	۱۰	۱	۲۶-۴۰-۴۱		۱۰	۱	۲۶-۴۰-۴۱-۲
		۲	۲۶-۳۶-۱			۲	۲۶-۳۶-۴
	۱۱	۱	۲۴-۲۶-۴۰-۴۱		۱۱	۱	۲۲-۱۹-۱۴-۱۳-۸-۶
		۲	۲۳-۲۷-۳۶-۱			۲	۲۴-۲۶-۴۰-۴۱-۲
	۱۲	۱	۱۳-۸-۶-۲		۱۲	۱	۱۳-۸-۶
		۲	۱۳-۸-۷-۱			۲	۱۴-۱۵-۹-۶
	۱۳	۱	۲		۱۴	۱	۲
		۲	۴-۱			۲	۱-۴
	۱۵	۱	۴۱		۱۵	۱	۴۱-۲
		۲	۴۲-۱			۲	۴۲-۵

جدول ۱۸-۴- مسیر های مقصد مربوط به مبدا شماره ۱۵

مبدا	شماره مقصد	شماره مسیر	کمان های مسیر
۱۵	۱	۱	۲۹-۴۰
		۲	۹-۷-۴۲
	۲	۱	۳۸-۴۰
		۲	۳۳-۴۲
	۳	۱	۴۰
		۲	۳۶-۴۲
	۴	۱	۲۷-۴۰
		۲	۲۵-۲۶-۴۰
	۵	۱	۲۱-۲۷-۴۰
		۲	۲۲-۲۴-۲۶-۴۰
	۶	۱	۱۹-۲۲-۲۴-۲۶-۴۰
		۲	۱۵-۲۹-۴۰
	۷	۱	۸-۷-۴۲
		۲	۸-۶-۲-۴۱
	۸	۱	۷-۴۲
		۲	۶-۲-۴۱
	۹	۱	۴۲
		۲	۱-۴۱
	۱۰	۱	۲۶-۴۰
		۲	۲۵-۲۷-۴۰
	۱۱	۱	۲۴-۲۶-۴۰
		۲	۲۳-۲۷-۴۰
	۱۲	۱	۱۳-۸-۷-۴۲
		۲	۱۳-۸-۶-۲-۴۱
	۱۳	۱	۲-۴۱
		۲	۵-۴۲
	۱۴	۱	۴۱
		۲	۱-۴۲

همان‌طور که اشاره شد، با توجه به این‌که ماتریس‌های مبدأ-مقصد سال‌های ۷۳ و ۸۷ با استفاده از آمارگیری به دست آمده و مقادیر آنها دقیق می‌باشند لذا ماتریس سال ۸۷ مبنای خوبی برای محاسبه خطای تخمین شهر مشهد می‌باشد. حال با در نظر گرفتن ماتریس سال ۷۳ به عنوان ماتریس اولیه [۴۳]، ماتریس سال ۸۷ [۴۲] را تخمین زده و نتایج مورد نظر را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

جدول ۴-۱۹- توزیع کل سفرهای بین مناطق در سال ۱۳۷۳

منطقه	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰	منطقه ۱۱	منطقه ۱۲	منطقه ۱۳	منطقه ۱۴	منطقه ۱۵	ناحیه- های اطراف	محورهای ارتباطی	جمع کل
مبدأ																		
منطقه ۱	۱۱۶۹۲۴	۲۷۴۹۷	۲۲۲۱۴	۵۹۱۷۰	۲۷۵۱۷	۴۱۸۱۸	۴۶۹۷۹	۲۵۷۰۱	۳۴۴۷۲	۲۵۷۰۵	۲۶۴۲۷	۱۱۷۰۲	۹۹۲۱۷	۱۴۵۰۱	۸۲۱۶	۲۹۶۱	۲۳۴	۵۴۲۱۲۴
منطقه ۲	۴۸۰۴۴	۸۴۲۰۵	۳۲۲۷۰	۱۱۲۴۶	۴۹۱۷	۷۸۲۴	۱۵۶۶۷	۲۱۱۲۱	۴۹۱۱۲	۳۹۷۸	۴۴۸۱	۲۵۶۵	۱۷۶۲۶	۱۱۲۲۴	۲۸۴۴	۲۹۸۷	۶۱۴	۳۲۲۸۰۹
منطقه ۳	۴۲۴۴۱	۲۲۲۹۱	۵۳۳۷۶	۱۲۴۴۶	۲۵۲۸	۲۷۰۲	۶۵۸۷	۵۸۷۲	۱۱۹۰۸	۷۱۱۴	۲۱۱۴	۱۴۷۶	۲۴۶۹	۲۶۲۴	۶۱۲۴	۵۱۸۹	۵۲۱	۱۹۷۵۰۴
منطقه ۴	۵۹۳۵۲	۱۱۱۱۵	۱۲۲۰۲	۹۰۶۵۰	۹۳۲۴	۶۷۲۹	۷۳۵۸	۶۷۷۰	۸۰۱۶	۱۸۶۲۴	۲۵۴۶۶	۱۵۵۲	۲۸۲۱	۲۶۹۲	۱۴۵۷	۵۸۱۱	۴۹۴	۲۷۱۶۲۰
منطقه ۵	۲۷۱۸۶	۵۱۵۲	۲۵۰۵	۹۹۹۸	۳۹۰۳۸	۱۵۶۴۹	۷۴۷۱	۳۷۵۵	۴۰۴۶	۱۳۷۱	۲۸۶۶	۲۲۹۴	۲۵۸۷	۱۵۰۲	۸۵۵	۳۶۴۹	۶۸۸	۱۲۹۶۰۱
منطقه ۶	۴۱۰۲۲	۷۷۵۴	۲۶۵۱	۶۵۵۸	۱۵۷۲۹	۴۷۷۵۸	۱۳۹۱۳	۴۱۷۴	۵۸۷۶	۱۷۰۱	۲۱۶۲	۵۷۷۷	۲۴۹۴	۱۹۱۰	۴۸۵	۲۵۲۷	۵۶۶	۱۶۴۰۶۶
منطقه ۷	۴۶۱۱۱	۱۶۲۶۴	۶۲۷۲	۷۰۷۱	۷۰۲۵	۱۳۸۷۱	۴۷۶۴۴	۱۱۶۶۵	۱۳۱۸۳	۲۶۴۴	۲۴۶۷	۱۴۶۶۷	۶۲۸۶	۵۲۹۴	۱۶۱۸	۲۸۹۸	۷۰۵	۱۹۶۶۷۶
منطقه ۸	۲۵۰۷۲	۳۱۹۸۴	۵۹۷۲	۶۶۶۰	۲۴۴۹	۲۲۲۴	۱۱۸۳۰	۴۶۲۷۴	۱۸۵۲۰	۲۶۰۹	۲۴۱۷	۲۸۲۰	۱۰۰۶۴	۵۱۴۵	۱۰۴۵	۴۰۵۹	۴۱۶	۱۷۹۴۵۶
منطقه ۹	۲۳۸۷۴	۴۸۷۵۰	۱۱۹۱۸	۷۷۸۷	۲۳۷۴	۵۳۶۱	۱۲۵۷۹	۱۸۸۰۵	۹۲۰۰۷	۳۴۶۰	۳۲۱۹	۳۴۲۹	۱۹۴۰۱	۱۳۹۲۶	۴۱۷۴	۴۰۰۹	۸۲۴	۲۸۶۷۹۶
منطقه ۱۰	۲۵۲۴۷	۵۰۰۵	۶۹۲۰	۱۹۰۲۵	۱۶۰۱	۱۴۷۲	۲۸۶۵	۲۶۹۴	۳۷۸۳	۱۶۹۴۴	۲۷۵۶	۷۳۴	۱۲۹۶	۱۰۷۲	۶۰۸	۲۸۱۴	۱۹۱	۹۶۰۲۱
منطقه ۱۱	۲۵۸۱۶	۴۲۲۰	۲۲۹۴	۲۵۷۲۰	۲۹۲۱	۳۱۰۴	۲۵۲۵	۲۲۱۱	۳۰۶۲	۳۸۰۲	۳۱۵۵۰	۸۶۹	۱۲۰۸	۹۶۹	۴۱۷	۴۴۰۹	۵۶۴	۱۱۶۵۶۱
منطقه ۱۲	۱۱۵۳۷	۲۴۹۵	۱۴۶۵	۱۶۴۶	۲۴۶۵	۵۷۴۶	۱۴۴۹۴	۲۷۴۲	۲۴۶۴	۵۸۲	۹۸۸	۱۸۹۰۱	۲۰۸۴	۱۸۷۶	۴۶۱	۱۵۹۷	۲۸۵	۷۳۵۰۸
منطقه ۱۳	۱۸۱۷۸	۱۷۸۲۵	۲۵۷۵	۲۵۲۷	۲۸۷۹	۴۰۹۴	۶۱۹۸	۱۰۲۲۷	۱۹۰۴۲	۱۴۴۱	۱۴۷۴	۲۲۰۲	۴۱۸۸۷	۹۷۳۸	۱۳۸۸	۲۸۴۴	۱۶۲	۱۴۴۴۸۹
منطقه ۱۴	۱۴۳۵۵	۱۱۶۱۱	۲۷۰۲	۲۶۰۳	۱۵۲۰	۱۸۰۵	۵۵۱۶	۵۲۰۴	۱۴۰۴۹	۱۱۲۱	۱۰۶۶	۱۹۷۶	۹۶۴۶	۲۲۰۳۸	۲۴۹۸	۲۹۲۵	۱۹۷	۱۰۱۸۲۱
منطقه ۱۵	۸۰۱۴	۴۰۰۳	۶۰۴۴	۱۴۶۵	۸۰۹	۴۸۵	۱۵۵۶	۱۰۳۲	۲۲۸۶	۵۶۴	۲۱۷	۲۲۸	۱۲۹۲	۲۴۷۴	۹۶۷۵	۱۹۶۵	۲۴۱	۴۵۶۲۹
ناحیه‌های اطراف	۴۲۵۱	۲۸۱۹	۵۰۵۹	۵۶۷۲	۳۳۸۲	۲۵۷۹	۲۱۵۲	۱۹۸۴	۳۷۱۰	۲۹۰۳	۴۲۲۲	۱۴۸۴	۲۷۶۲	۲۸۸۱	۱۳۵۱	۴۶۷	۴۵	۴۷۷۲۴
محورهای ارتباطی	۴۷۷	۴۱۵	۴۰۲	۳۹۱	۴۲۷	۵۸۷	۲۱۳	۶۱۰	۱۶۰	۴۷۲	۲۱۷	۱۸۴	۸۲	۲۲۸	=	۴۵	۲۵۱۶	
جمع کل	۵۴۶۴۹۷	۲۴۴۴۷۴	۱۹۷۰۴۶	۲۷۲۱۳۵	۱۲۸۹۴۹	۱۶۲۵۲۸	۱۹۷۷۲۱	۱۷۹۷۰۵	۲۸۸۰۲۷	۲۵۶۱۰	۱۱۶۷۸۹	۷۳۹۹۴	۱۰۱۰۴۹	۴۵۱۶۲	۴۹۲۰۹	۶۷۹۱	۴۹۲۹۸۹۹	

جدول ۴-۲۰- توزیع کل سفرهای بین مناطق در سال ۱۳۸۷

منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	ناحیه‌های اطراف	جمع کل
۱	۹۰۱۰۶	۳۳۷۶۷	۵۱۵۷۶	۴۸۲۹۷	۲۱۶۵۴	۳۲۵۶۱	۳۴۶۸۱	۲۹۶۴۲	۴۱۷۸۵	۲۶۵۶۶	۳۳۷۲۴	۲۷۴۴۳	۲۵۳۷۴	۲۵۵۰۳	۹۰۰۷	۳۲۹۵	۵۳۴۹۸۲
۲	۳۳۷۳۸	۷۵۵۶۷	۳۷۷۳۶	۱۰۹۰۱	۲۶۴۹	۵۰۶۸	۸۷۹۶	۳۲۳۱۶	۴۳۸۰۷	۴۲۶۰	۳۳۸۳	۳۱۸۹	۲۲۹۲۳	۱۵۶۵۹	۳۰۴۱	۷۶۰۰	۳۱۰۶۳۲
۳	۴۹۳۳۰	۳۴۲۳۶	۱۴۳۷۰۹	۱۸۴۰۳	۳۱۸۶	۶۲۶۱	۵۸۸۶	۱۱۸۳۲	۳۱۰۱۸	۱۲۳۸۵	۶۱۱۷	۷۱۵۹	۸۱۱۱	۱۱۱۸۰	۹۷۶۴	۱۶۳۲۱	۳۷۶۸۹۹
۴	۵۰۲۱۴	۹۴۵۶	۱۸۶۳۸	۱۲۰۹۵۰	۸۸۰۷	۶۰۸۴	۵۷۰۰	۹۵۵۰	۸۴۷۵	۲۶۲۵۷	۲۵۹۳۷	۳۷۴۶	۷۵۲۹	۶۵۴۰	۳۲۹۳	۹۵۹۲	۳۲۰۷۶۸
۵	۲۱۶۵۵	۲۵۳۳	۳۷۶۲	۸۷۱۴	۸۶۱۵۸	۱۳۸۱۲	۲۳۰۶	۲۴۳۷	۳۲۲۲	۱۴۷۵	۵۸۰۴	۱۶۴۶	۳۴۸۲	۱۸۱۱	۱۵۲	۴۲۶۳	۱۶۳۲۳۴
۶	۳۱۲۹۸	۴۷۰۸	۵۶۶۴	۷۶۲۱	۱۳۲۸۶	۶۱۲۶۲	۱۳۷۱۸	۸۰۱۶	۴۴۹۵	۲۲۲۷	۳۲۹۲	۶۶۳۱	۳۹۸۳	۵۱۵۰	۱۱۸۲	۵۵۴۹	۱۷۸۰۸۱
۷	۳۴۲۵۸	۷۳۹۱	۵۳۹۲	۷۷۷۴	۱۳۷۴۰	۵۱۲۹۶	۱۸۶۸۲	۱۲۸۵۷	۳۰۰۸	۳۱۷۷	۱۸۶۷۸	۷۱۷۱	۷۵۶۸	۱۸۹۴	۴۱۷۶	۱۹۹۵۲۴	
۸	۳۰۰۲۳	۳۴۰۸۶	۱۴۲۶۴	۹۶۶۱	۴۱۳۲	۵۷۴۴	۱۹۰۸۷	۱۱۵۰۵۹	۳۷۹۴۱	۵۳۶۷	۴۹۱۴	۱۱۴۰۵	۳۸۵۰۱	۲۳۰۰۴	۴۹۰۷	۵۱۲۷	۳۶۳۲۲۱
۹	۴۴۵۰۹	۳۹۶۶۰	۲۹۷۹۱	۸۵۰۹	۳۵۴۵	۴۴۰۲	۱۰۸۷۵	۳۷۴۹۰	۱۸۸۱۶۲	۴۱۵۸	۴۴۹۱	۶۱۵۷	۵۱۶۹۰	۴۸۱۶۷	۱۲۲۶۱	۸۹۷۵	۵۰۲۸۴۰
۱۰	۲۵۷۵۲	۳۸۱۲	۱۲۲۲۹	۲۸۶۷۶	۱۸۲۸	۲۳۰۵	۳۰۷۴	۴۹۶۸	۴۳۴۴	۷۰۲۸۵	۱۵۹۸۶	۳۲۰۸	۳۴۵۶	۳۴۷۲	۳۳۴۹	۶۳۸۷	۱۹۳۱۲۹
۱۱	۳۱۵۸۱	۳۵۳۸	۱۰۰۱۰	۲۵۵۲۷	۵۶۳۸	۳۱۸۰	۲۹۹۱	۴۸۶۶	۴۵۴۹	۱۶۸۱۷	۸۹۷۳۵	۱۲۹۵	۲۶۴۰	۴۴۷۱	۱۴۲۸	۶۳۸۵	۲۱۴۶۵۰
۱۲	۲۱۳۱۳	۴۲۸۶	۵۶۶۵	۳۱۵۹	۲۲۰۰	۶۵۳۱	۱۹۵۱۳	۱۰۹۷۹	۶۵۴۰	۵۱۰۲	۱۱۲۴	۹۰۶۶۱	۳۸۰۳	۶۱۷۷	۱۱۹۷	۴۸۰۴	۱۹۳۰۵۵
۱۳	۲۴۸۷۶	۲۰۸۴۷	۷۷۵۲	۷۵۸۳	۲۹۲۴	۴۰۳۷	۷۶۶۶	۳۷۸۶۹	۵۰۱۵۴	۳۶۶۴	۲۷۵۲	۳۳۴۸	۱۲۱۰۵۱	۲۹۲۵۳	۳۲۵۱	۱۰۵۷۹	۳۳۷۶۰۵
۱۴	۲۴۳۱۴	۱۵۹۰۵	۹۷۳۰	۶۴۷۳	۱۷۸۲	۴۹۹۱	۸۵۲۸	۲۳۷۵۹	۴۷۰۷۶	۳۷۲۰	۴۹۰۴	۵۷۲۵	۳۰۶۴۵	۲۰۸۹۹۶	۱۷۲۱۸	۹۶۹۰	۴۲۳۴۵۶
۱۵	۸۹۵۵	۳۲۱۸	۹۶۸۵	۲۹۵۶	۲۵۷	۱۴۷۶	۱۵۰۹	۴۴۲۴	۱۱۷۳۵	۲۹۵۰	۱۶۸۴	۱۰۵۹	۳۴۵۳	۱۷۵۰۶	۴۸۴۹۶	۶۴۸۴	۱۲۵۸۴۷
ناحیه‌های اطراف	۴۴۲۹	۷۵۲۱	۱۶۰۶۱	۶۷۱۸	۳۸۴۳	۶۱۱۳	۳۲۷۴	۵۲۴۳	۹۹۶۶	۷۰۱۰	۸۰۸۷	۵۰۳۷	۹۴۰۹	۱۰۲۷۵	۷۴۳۷	۳۶۷۱	۱۱۴۰۹۵
جمع کل	۵۲۶۳۵۰	۳۰۲۵۲۹	۳۸۱۶۶۳	۳۲۱۹۲۳	۱۶۴۴۵۱	۱۷۷۵۶۷	۱۹۸۸۹۸	۳۵۷۱۳۳	۵۰۶۱۲۷	۱۹۵۲۵۰	۲۱۵۱۱۰	۱۹۶۳۸۷	۳۴۳۲۲۲	۴۲۴۷۳۲	۱۲۷۸۷۸	۱۱۲۸۹۸	۴۵۵۲۰۱۷

حجم‌های موجود در جداول فوق مربوط به یک روز آمارگیری می‌باشد و از آنجا که برای استفاده

در روابط محاسبه زمان حجم‌های ساعتی مورد نیاز می‌باشد لذا با استفاده از ضریب حداقل آیین‌نامه

۴۱۵ (طرح هندسی راه‌ها) برای تبدیل احجام استفاده خواهد شد ($DHV = ADT \times 0.10$)

حال نتایج حاصل از نرم‌افزار را با استفاده از ورودی‌های ذیل و چهار مدل کمترین مربعات، کمترین

اطلاعات، بیشترین درست‌نمایی و بیشترین آنتروپی استخراج کرده و به دلیل حجم بالای جداول

خلاصه آن‌ها در ادامه آورده شده است.

$$t = t_0 \times \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{Q} \right)^4 \right] \quad (3-4)$$

$$P_{ijl} = \frac{t_l}{\sum t_l} \quad (4-4)$$

جدول ۴-۲۱- نمونه نتایج تخمین تقاضای سفر شهر مشهد از مبدأ ۱ و ۲ با مدل کمترین مربعات

شماره مبدا	شماره مقصد	تقاضای واقعی	تخمین بدون شمارش حجم کمان	RMSE	تخمین با شمارش کمان ۷	RMSE	تخمین با شمارش کمان ۱۸	RMSE
۱	۲	۳۳۷۷	۴۳۱۳	۳۹٪	۴۶۹۷	۶۱٪	۴۳۱۰	۳۹٪
	۳	۵۱۵۸	۴۶۲۰		۴۷۴۷		۴۶۱۷	
	۴	۴۸۳۰	۵۹۴۰		۶۰۵۷		۵۹۳۷	
	۵	۲۱۶۵	۲۴۰۲		۲۵۳۸		۲۴۱۳	
	۶	۳۲۵۶	۳۹۵۲		۴۲۴۰		۳۹۶۵	
	۷	۳۴۶۸	۳۴۷۶		۳۸۶۱		۳۴۷۴	
	۸	۲۹۶۴	۳۱۰۸		۴۰۶۱		۳۱۰۵	
	۹	۴۱۷۹	۴۰۵۳		۲۰۱۳		۴۰۵۰	
	۱۰	۲۶۵۷	۲۶۷۱		۲۷۵۴		۲۶۷۰	
	۱۱	۳۳۷۲	۲۶۹۶		۲۸۵۳		۲۶۹۷	
	۱۲	۲۷۴۴	۱۳۱۳		۱۵۹۴		۱۳۱۲	
	۱۳	۲۵۳۷	۲۵۰۷		۳۰۲۶		۲۵۰۵	
	۱۴	۲۵۵۰	۲۱۴۳		۱۱۲۹		۲۱۴۰	
	۱۵	۹۰۱	۸۷۲		۱۰۰		۸۷۰	
۲	۱	۳۳۷۴	۴۴۱۰	۳۹٪	۴۸۲۵	۶۱٪	۴۴۱۰	۳۹٪
	۳	۳۷۷۴	۳۲۹۸		۳۲۶۷		۳۲۹۶	
	۴	۱۰۹۰	۷۵۰		۷۰۹		۷۴۸	
	۵	۲۶۵	۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰	
	۶	۵۰۷	۲۳۵		۳۶۴		۲۴۸	
	۷	۸۸۰	۱۰۲۷		۱۲۵۳		۱۰۲۶	
	۸	۳۲۳۲	۳۳۲۹		۶۷۰		۳۳۲۶	
	۹	۴۳۸۱	۵۱۹۹		۶۰۱۴		۵۱۹۷	
	۱۰	۴۲۶	۲۸۰		۲۰۵		۲۸۰	
	۱۱	۳۳۸	۱۹۲		۱۹۲		۱۹۵	
	۱۲	۳۱۹	۱۸۱		۳۰۴		۱۸۱	
	۱۳	۲۲۹۲	۲۰۳۱		۲۳۹۰		۲۰۲۹	
	۱۴	۱۵۶۶	۱۴۹۸		۲۰۵۸		۱۴۹۶	
	۱۵	۳۰۴	۱۱۶		۲۹۵		۱۱۵	

جدول ۴-۲۲- خطای RMSE تخمین ماتریس در هر مدل (درصد)

کمان شمارش شده	روش حداقل مربعات	روش حداقل اطلاعات	روش بیشترین درستنمایی	روش بیشترین آنتروپی
عدم شمارش	۳۹/۴۶	۲۴/۱	۲۴/۳۴	۲۴/۱
۷	۶۱/۲۷	۶۶/۱۱	۶۱/۶۲	۶۶/۱۱
۱۸	۳۹/۲۲	۲۴/۵۲	۲۴/۸۲	۲۴/۵۲
۱۹	۳۸/۹۹	۲۳/۹	۲۴/۲۲	۲۳/۹
۲۷	۶۵/۰۰	۷۲/۹۱	۶۴/۶	۷۲/۹۱
۲۸	۴۱/۷۱	۳۰/۵	۳۱/۶۶	۳۰/۵
۳۳	۴۰/۵	۲۶/۷۲	۲۶/۴۹	۲۶/۷۲
۳۴	۳۸/۶۹	۲۳/۸	۲۴/۱	۲۳/۸
۳۸	۴۰/۲۶	۲۷/۸۲	۲۷/۵۹	۲۷/۸۲
۱۸ و ۷	۶۱/۲۳	۶۶/۰۴	۶۱/۷	۶۶/۰۴
۲۷ و ۱۹	۶۴/۹۸	۷۲/۱۴	۶۴/۴۲	۷۲/۱۴
۳۳ و ۲۸	۴۳/۰۳	۳۲/۸	۳۳/۵	۳۲/۸
۳۸ و ۳۴	۴۰/۲۲	۲۸/۵۷	۲۷/۹۸	۲۸/۵۷
۱۹ و ۱۸ و ۷	۶۱/۳	۶۶/۰۲	۶۱/۵۸	۶۶/۰۲
۳۸ و ۳۴ و ۲۸	۴۲/۸۴	۳۴/۳۱	۳۴/۸۸	۳۴/۳۱
۲۷ و ۱۹ و ۱۸ و ۷	۸۰/۶۹	۹۲/۸۸	۹۲/۸۸	۹۴/۳۸
۳۸ و ۳۴ و ۳۳ و ۲۸	۴۳/۹۸	۳۵/۵۳	۳۶/۲۵	۳۵/۵۳

از نتایج خطای تخمین ماتریس مبدأ-مقصد در جدول ۴-۲۲ می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

✓ شمارش حجم کمان‌های ۷ و ۲۷ در حالت شمارش تک کمان، برای تخمین ماتریس سفر خطای بیشتر از ۵۰ درصد ایجاد می‌کند که مورد قبول نبوده لذا این کمان برای شمارش مناسب نخواهد بود.

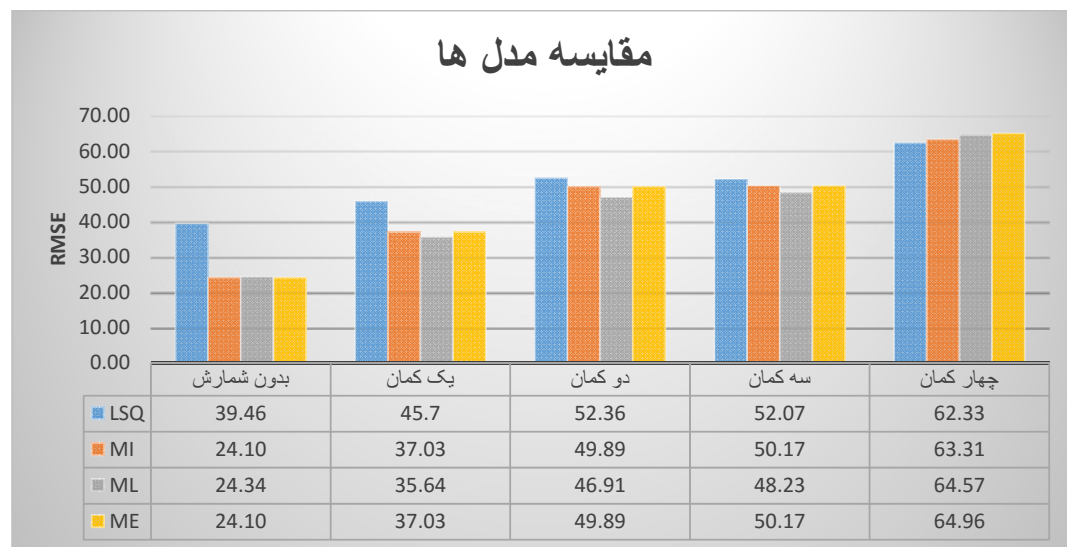
✓ در حالت شمارش دو کمان، حالت‌های شمارش ۷ و ۱۹ و ۱۸ و ۲۷ خطای بیشتر از ۵۰ درصد ایجاد کردند لذا برای شمارش حجم مناسب نیستند.

✓ در حالت شمارش سه کمان، حالت شمارش ۷ و ۱۸ و ۱۹ خطای بالای ۵۰ درصد دارند لذا برای شمارش مناسب نیستند.

✓ در حالت شمارش چهار کمان، حالت شمارش ۷ و ۱۸ و ۱۹ و ۲۷ خطای بالای ۵۰ درصد دارند لذا برای شمارش مناسب نیستند.

✓ هر چه تعداد کمان‌های شمارش شده بیشتر باشد ماتریس با خطای بیشتری تخمین زده خواهد شد.

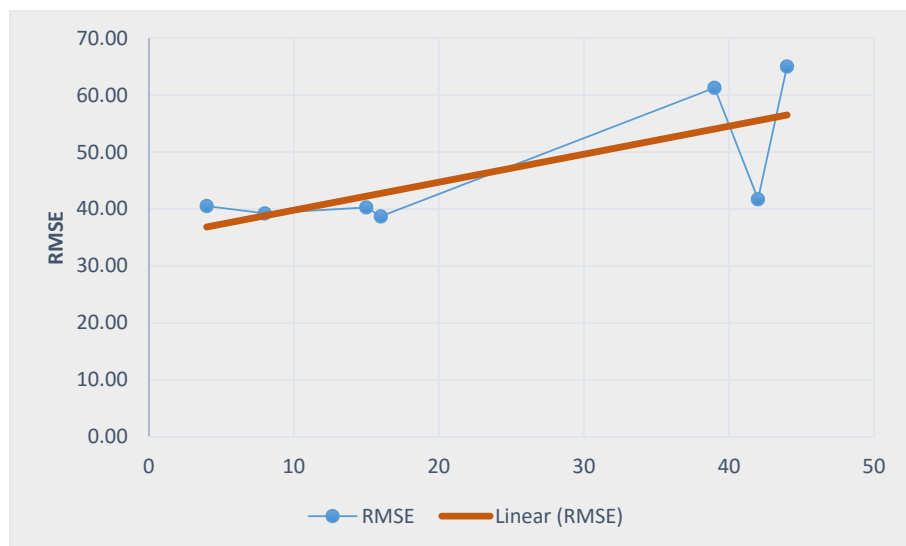
شکل ۳-۴ میانگین خطا را در هر کدام از حالت‌های شمارش حجم کمان برای هر مدل نشان می‌دهد.



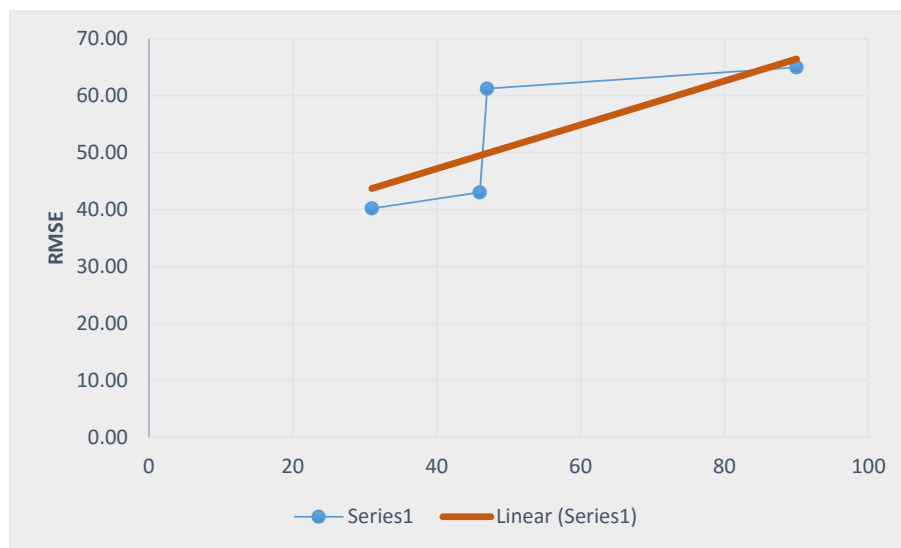
شکل ۳-۴- نمودار میانگین خطای تخمین ماتریس سفر (درصد)

از نمودار فوق موارد ذیل برداشت می‌گردد:

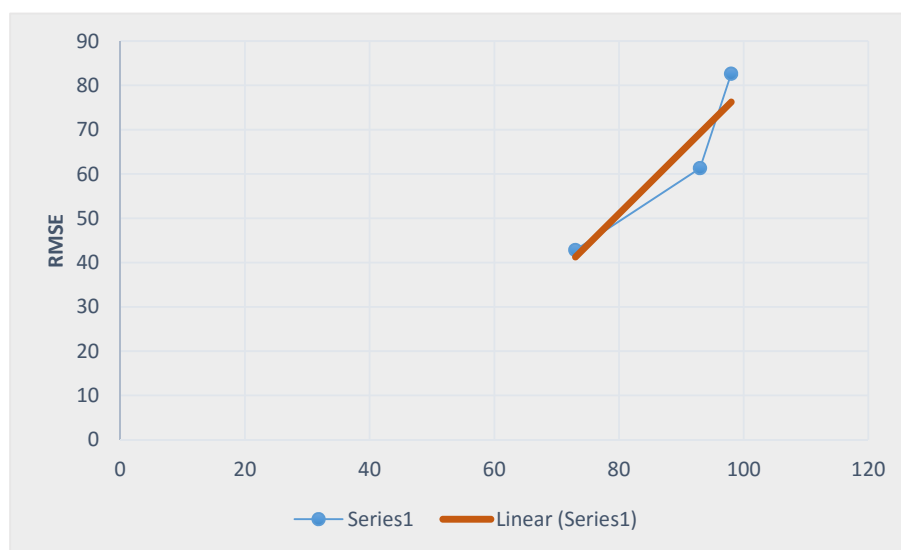
- ✓ با افزایش تعداد کمان‌های شمارش شده، خطای تخمین ماتریس نیز افزایش می‌یابد.
 - ✓ مدل کمترین مربعات نسبت به سایر مدل‌ها با خطای بیشتری ماتریس را تخمین می‌زند.
 - ✓ با افزایش تعداد کمان‌های شمارش شده، دقت تخمین مدل‌ها به هم نزدیک می‌شوند.
 - ✓ مدل‌های کمترین اطلاعات و بیشترین آنتروپی خروجی‌های مشابه هم داشتند.
 - ✓ به جز مدل کمترین مربعات سایر مدل‌ها با تفاوت دقت کمی نسبت به هم ماتریس را تخمین زدند.
 - ✓ با احتساب میانگین خطای هر مدل در حالت‌های مختلف شمارش حجم، مدل بیشترین درستمایی نسبت به سایر مدل‌ها از دقت بهتری برخوردار است.
- در ادامه مقایسه بین مقدار حجم و میزان خطا برای هر مدل بررسی می‌گردد.



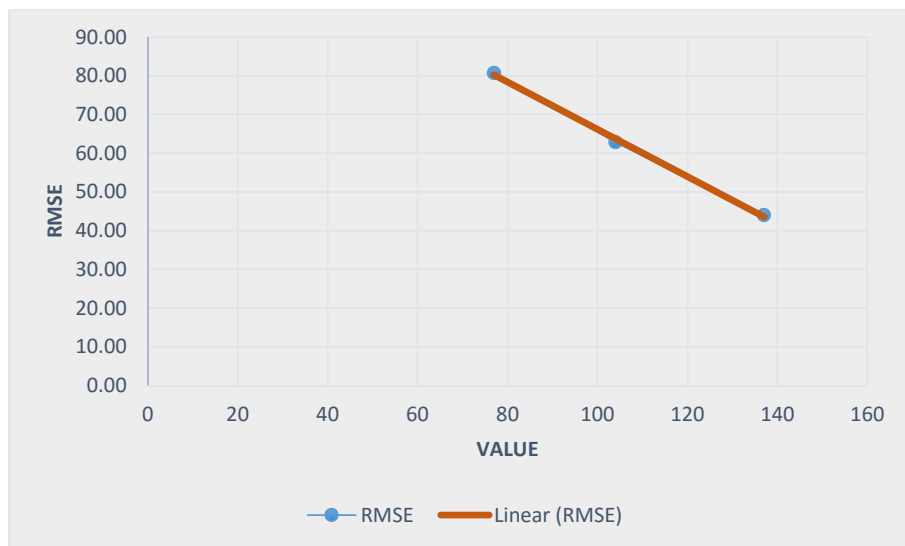
شکل ۴-۴- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش کمترین مربعات



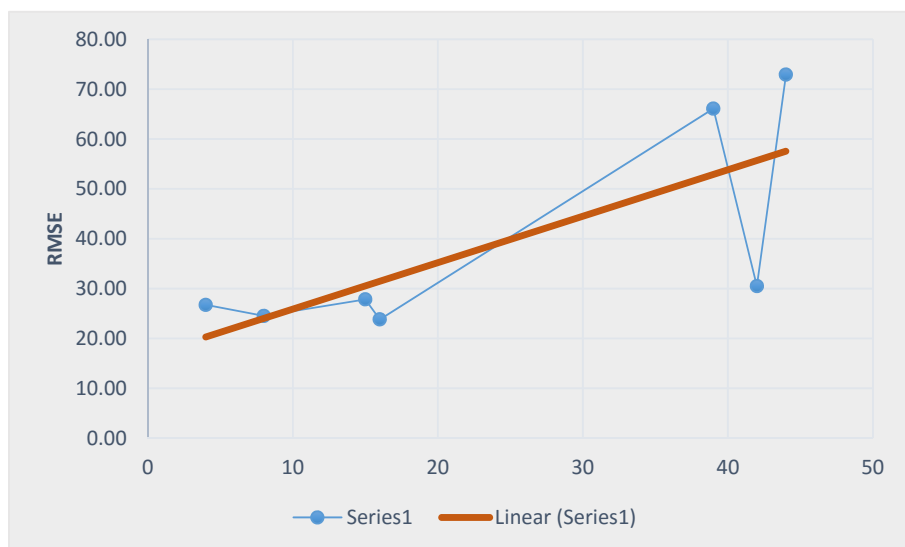
شکل ۴-۵- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش کمترین مربعات



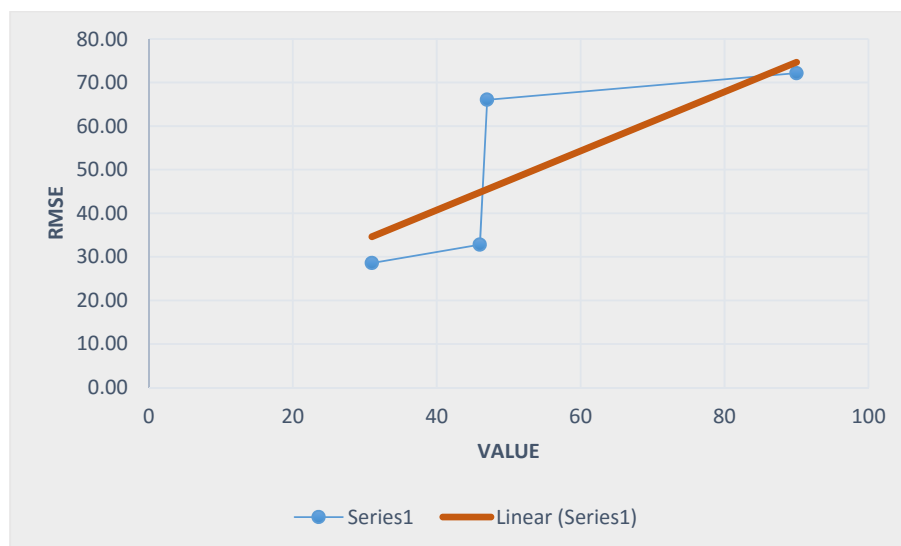
شکل ۴-۶- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش کمترین مربعات



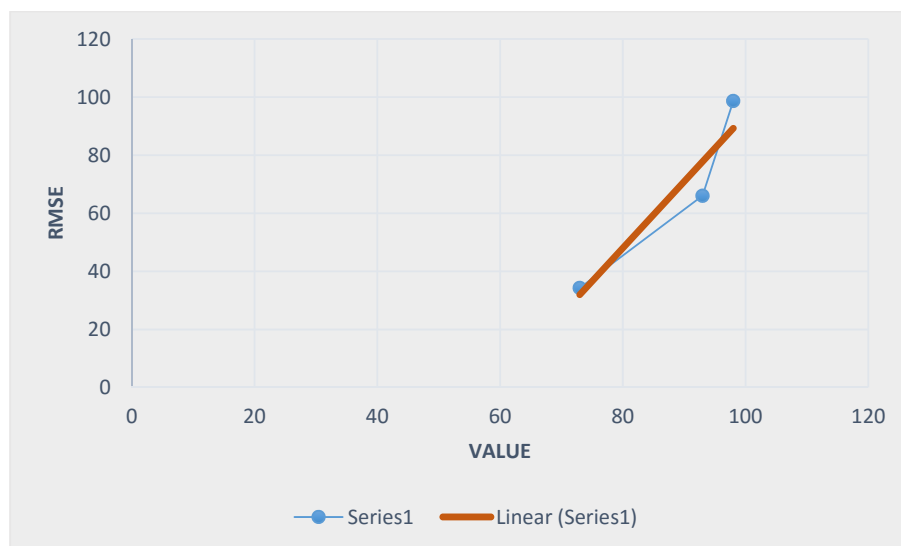
شکل ۴-۷- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش کمترین مربعات



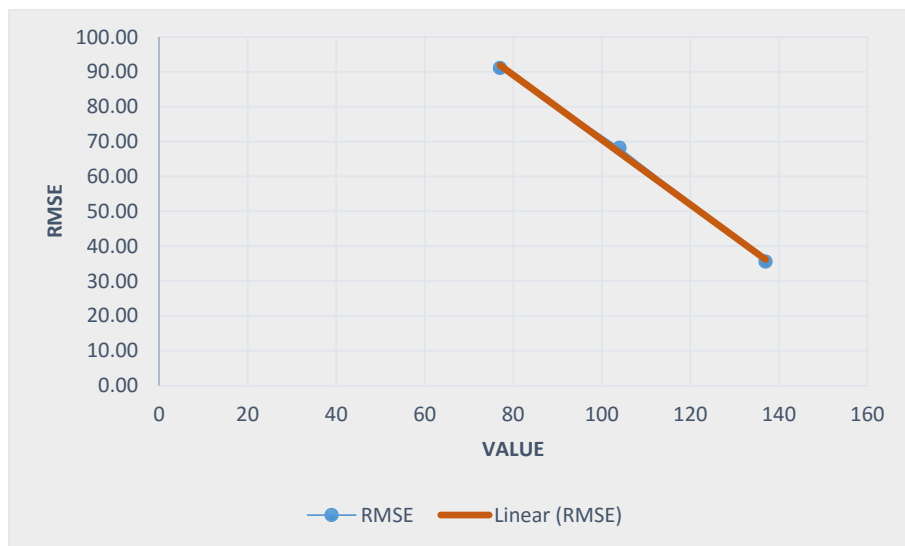
شکل ۴-۸- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش کمترین اطلاعات



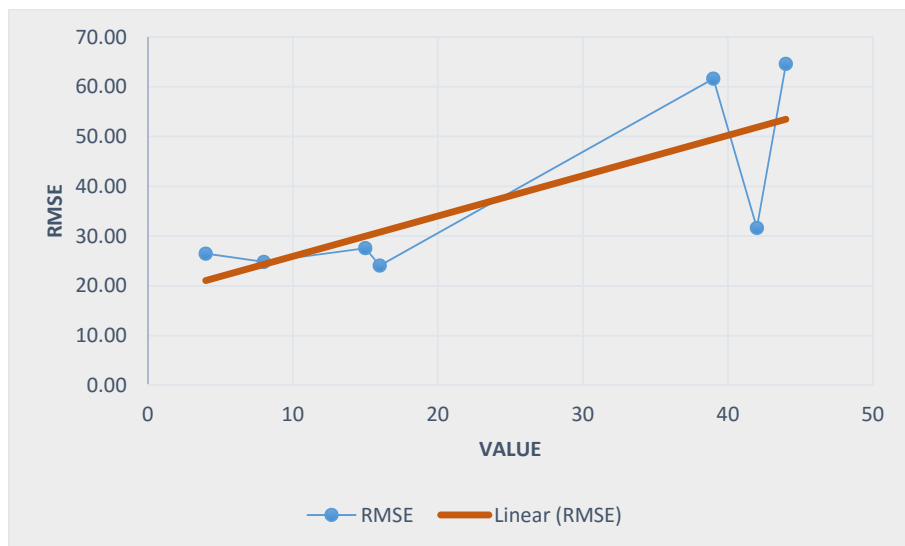
شکل ۴-۹- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش کمترین اطلاعات



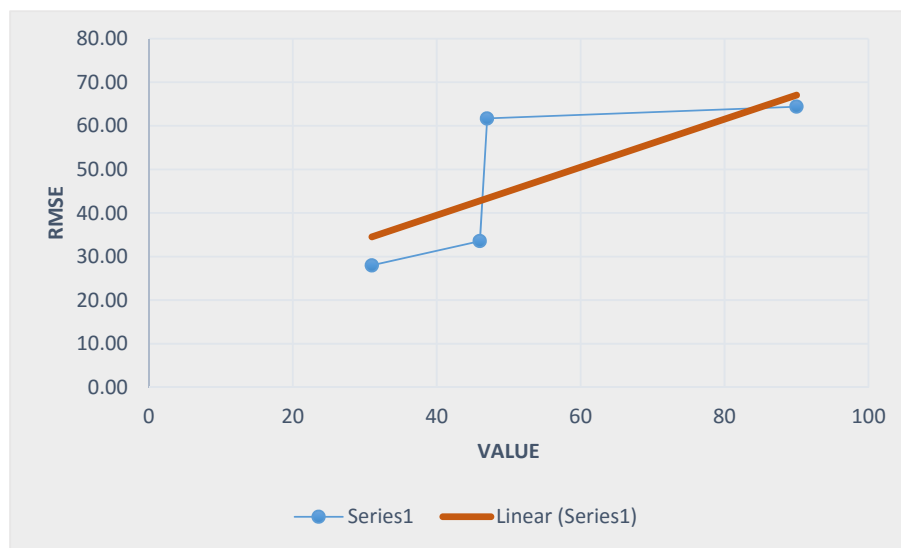
شکل ۴-۱۰- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش کمترین اطلاعات



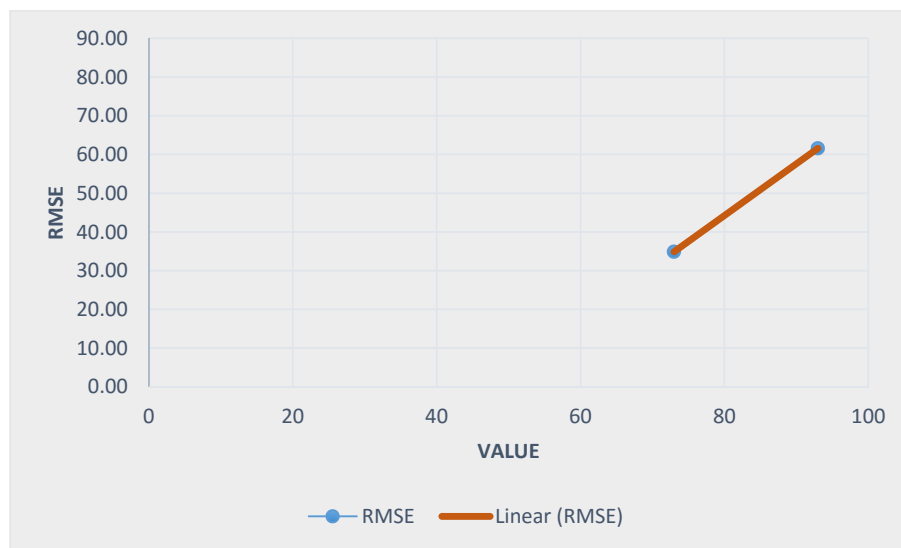
شکل ۴-۱۱- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش کمترین اطلاعات



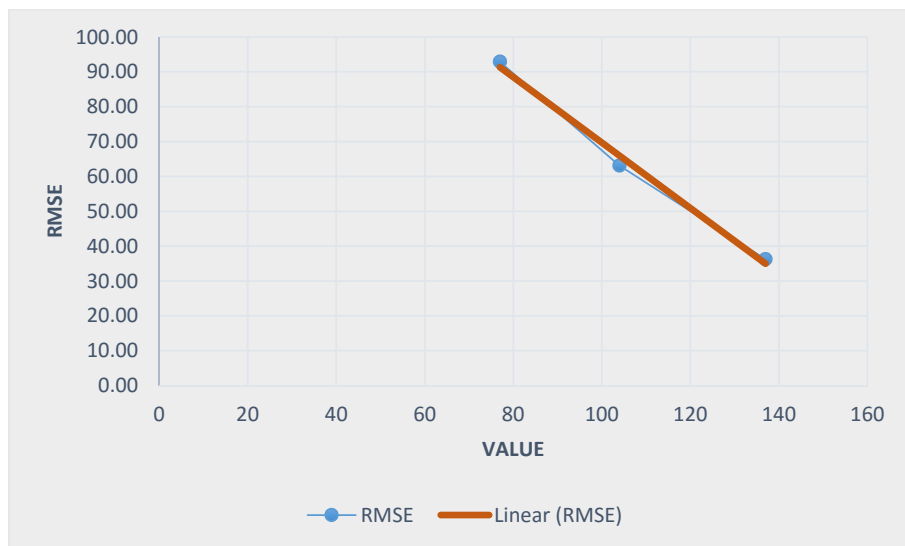
شکل ۴-۱۲- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش بیشترین درستنمایی



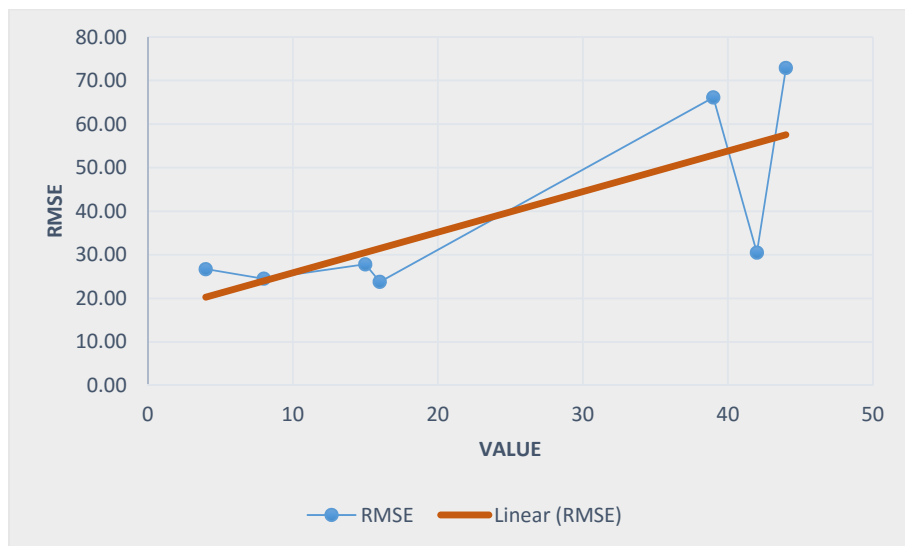
شکل ۴-۱۳- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش بیشترین درستنمایی



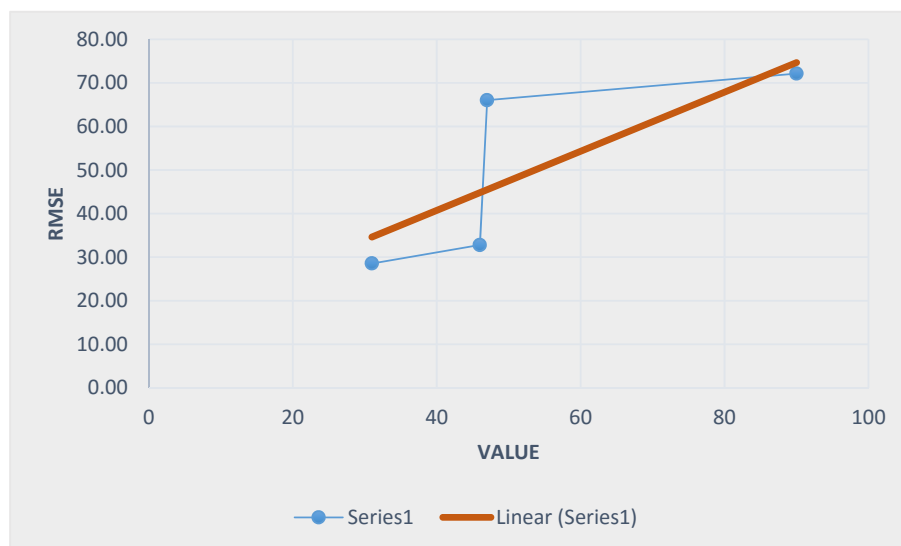
شکل ۳-۱۴- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش بیشترین درستنمایی



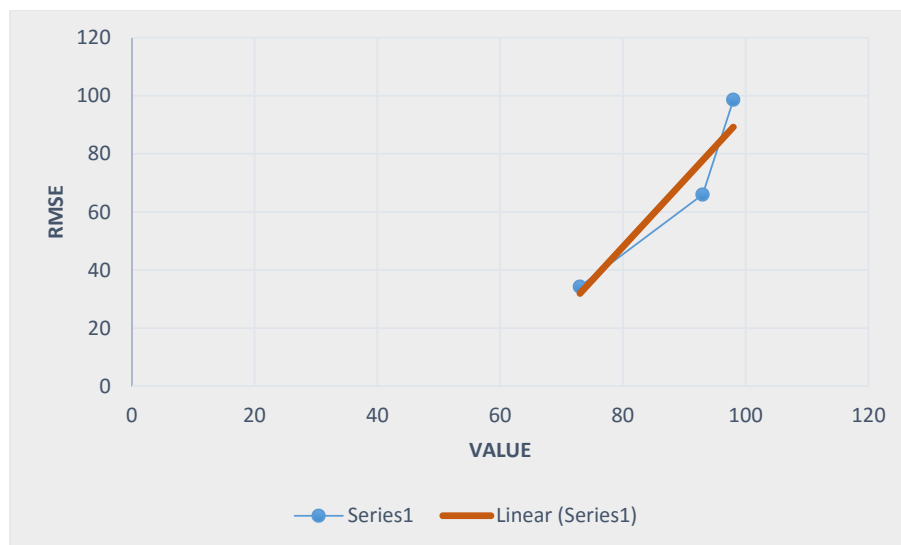
شکل ۴-۱۵- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش بیشترین درستنمایی



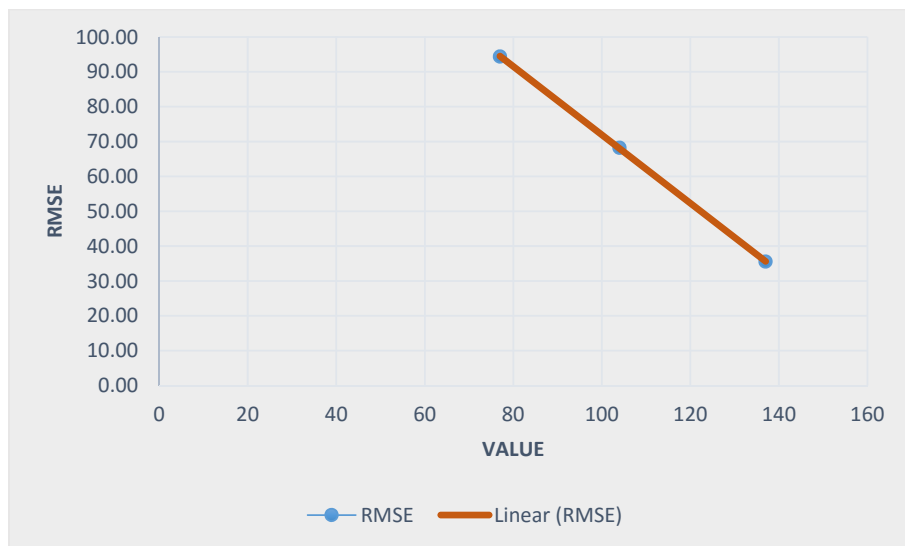
شکل ۴-۱۶- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش یک کمان به روش بیشترین آنتروپی



شکل ۴-۱۷- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش دو کمان به روش بیشترین آنتروپی



شکل ۴-۱۸- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش سه کمان به روش بیشترین آنتروپی



شکل ۴-۱۹- نمودار مقایسه تعداد عبور و خطا در حالت شمارش چهار کمان به روش بیشترین آنتروپی

با توجه به نمودارهای فوق می‌توان گفت در هر چهار مدل تخمین ماتریس مبدأ-مقصد و در تمام حالت‌های شمارش حجم، با افزایش تعداد دفعات عبور حجم از کمان، خطای تخمین ماتریس نیز افزایش پیدا می‌کند.

۴-۹- نتیجه گیری:

با توجه به محاسبات و نمودارها و جداول ارائه شده در این فصل می‌توان نتایج ذیل را از تخمین ماتریس مبدأ-مقصد شهر مشهد بیان کرد:

✓ شمارش حجم کمان‌های ۷ و ۲۷ در حالت شمارش تک کمان، برای تخمین ماتریس سفر خطای بیشتر از ۵۰ درصد ایجاد می‌کند که مورد قبول نبوده لذا این کمان برای شمارش مناسب نخواهد بود.

✓ با افزایش تعداد کمان‌های شمارش شده، خطای تخمین ماتریس نیز افزایش می‌یابد.

✓ مدل کمترین مربعات نسبت به سایر مدل‌ها با خطای بیشتری ماتریس را تخمین می‌زند.

✓ با افزایش تعداد کمان‌های شمارش شده، دقت تخمین مدل‌ها به هم نزدیک می‌شوند.

✓ مدل‌های کمترین اطلاعات و بیشترین آنتروپی خروجی‌های مشابه هم داشتند.

✓ به جز مدل کمترین مربعات سایر مدل‌ها با تفاوت دقت کمی نسبت به هم ماتریس را تخمین زدند.

✓ با افزایش تعداد دفعات عبور حجم از کمان، خطای تخمین ماتریس نیز افزایش می‌یابد.

✓ با احتساب میانگین خطای هر مدل در حالت‌های مختلف شمارش حجم، مدل بیشترین درست‌نمایی نسبت به سایر مدل‌ها از دقت بهتری برخوردار است.

فصل پنجم:

جمع بندی و

نتیجه گیری

۵- فصل پنجم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۵-۱- مقدمه

تعیین میزان تقاضا و الگوهای مربوط به آن نقش مهمی در تحلیل یک سیستم ایفا می‌کند. در سیستم‌های حمل و نقلی، اساس نمایش تقاضا و تحلیل‌های مربوط به آن بر پایه ماتریسی به نام ماتریس مبدأ-مقصد بنا نهاده شده است. از آن جا که روش‌های مرسوم برای دستیابی به این ماتریس که مبتنی بر انجام مصاحبه و آمارگیری در محل هستند، پرهزینه و وقت گیر بوده و موجبات مزاحمت برای مردم را در پی دارند، روش‌های ریاضی مبتنی بر آمار مشاهده شده (مانند شمارش حجم عبوری از معابر شبکه) روز به روز گسترش بیشتری پیدا می‌کنند.

با این که روش‌های تخمینی از دقت روش‌های مستقیم برخوردار نیستند اما به مراتب سریعتر و کم‌هزینه‌تر هستند. سریعتر بودن این روش‌ها به معنای آن است که می‌توان از آن‌ها برای تخمین تقاضای سفر در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر نیز بهره گرفت. علاوه بر این، تجهیزات لازم برای اجرای این روش‌ها غالباً کم‌هزینه‌تر بوده یا از قبل نصب شده است (مانند شمارشگرهای ترافیک و یا دوربین‌های ترافیکی). این دو ویژگی باعث شده است که به طور گسترده‌ای از روش‌های تخمینی در حل مسائل محاسبه تقاضای سفر استفاده شود. در این روش‌ها تلاش می‌شود که بر اساس برخی اطلاعات موجود در شبکه، تخمینی از ماتریس مبدأ-مقصد به دست آورده شود که تا حد امکان دقیق بوده و با تقاضای سفر واقعی انطباق داشته باشد.

۵-۲- نتیجه گیری

در این تحقیق برای تخمین ماتریس مبدأ-مقصد چهار مدل مختلف معرفی و مقایسه شدند. این چهار مدل عبارتند از؛ کمترین مربعات خطاها، کمترین اطلاعات، بیشترین آنتروپی و بیشترین درستنمایی.

با استفاده از مدل‌های مذکور ابتدا برای یک شبکه فرضی (فصل سوم) و سپس برای شبکه واقعی شهر مشهد (فصل چهارم) ماتریس مبدأ- مقصد برآورد شد، سپس با مقایسه خطای مدل‌ها در شرایط مختلف درباره عملکرد آن‌ها نتایج ذیل به دست آمد:

✓ گاهی اوقات در مسائل علمی در یک منطقه خاص که برای اولین بار اقدام به تهیه جدول سفر می‌شود و اطلاعات قبلی راجع به جدول سفر موجود نیست، مدل بیشترین آنتروپی می‌تواند بدون جدول سفر مبنا نیز مقادیری را محاسبه نماید اما برای سایر مدل‌ها ابتدا باید یک برآورد اولیه از جدول سفر مبنا موجود باشد و سپس بر پایه آن جدول سفر فعلی را تخمین زد.

✓ مدل بیشترین درستنمایی در صورتی که تمام مسیرها شمارش شوند به مناسبترین جواب‌ها خواهد رسید اما اشکال عمده این روش در کافی نبودن شمارش حجم کمان‌هاست زیرا لازم است برای درصدی از حجم ترافیک، مبدأ- مقصد آن‌ها معلوم باشد. این امر موجب می‌شود تا در بسیاری از کاربردها به علت محدودیت اطلاعات، این مدل قابل استفاده نباشد.

✓ مدل‌های بیشترین درستنمایی و کمترین اطلاعات حساسیت کمتری نسبت به شمارش کمان‌ها دارد و خطای آن‌ها نسبت به مدل‌های دیگر کمتر می‌باشد. بنابراین در شرایطی که جدول سفر مبنا موجود باشد و تعداد شمارش‌ها خیلی کم باشند، استفاده از این مدل‌ها توصیه می‌گردد.

✓ در هر چهار مدل هر چه تعداد کمان‌های شمارش شده افزایش می‌یابد خطای تخمینی افزایش پیدا می‌کند.

✓ مدل‌های کمترین مربعات و بیشترین درست‌نمایی نسبت به مدل‌های دیگر خطای کمتری دارند.

✓ در حالت کلی کمان‌هایی که بیشترین تقاضا را دارند از خطای بیشتری برخوردار می‌باشند و کمان‌هایی که کمترین تقاضا را داشتند خطای کمتری در تخمین حجم نشان دادند.

✓ مدل بیشترین آنتروپی می‌تواند بدون جدول سفر مبنا نیز مقادیری را محاسبه نماید اما برای سایر مدل‌ها ابتدا باید یک برآورد اولیه از جدول سفر مبنا موجود باشد و سپس بر پایه آن جدول سفر فعلی را تخمین زد.

۵-۳- پیشنهادات

با توجه به فرضیات انجام گرفته در این پژوهش پیشنهاد می‌شود موارد ذیل نیز توسط پژوهشگران آینده مورد بررسی و آنالیز قرار گیرد:

✓ استفاده از مدل‌های دیگر مانند بی‌زین، فازی و شبکه عصبی در تخمین ماتریس مبدأ-مقصد

✓ تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای کلان‌نگر VISSUM و MATHLAB

✓ استفاده از نواحی ۲۵۶ گانه به عنوان گره‌های ترافیکی

پیوست ۱: وارد کردن مدل‌ها به نرم‌افزار

```
LINGO 11.0 - [LINGO Model - 26-97-e1]
File Edit LINGO Window Help

MODEL:
SETS:

vector1/1..3/: O,D;
vector2/1..17/:v;

matrix1(vector1, vector1):T,TH,p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,p9,p10,p11,p12,p13,p14,p15,p16,p17;
ENDSETS

DATA:
T = 1 1 1
    1 1 1
    1 1 1;

!T( @SIZE( matrix1)) =1;
!1200 2100 3000
  1800 1200 1500
  1800 1500 1200 ;

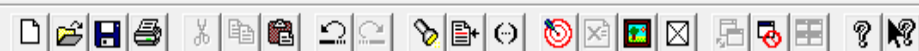
D= 4800 4800 5700;
O= 6300 4500 4500;

p1= 0.161 0.160 0.145
    0.160 0 0
    0 0 0 ;

p2= 0.164 0.154 0
    0.167 0 0
    0 0 0;

p3= 0.131 0.124 0.126
    0.130 0 0
    0 0 0;

p4= 0.191 0 0
    0.190 0 0
    0 0 0;
```



0 0.172 0.162;

ENDDATA

!min=(TH(1,1)+TH(1,2)+TH(1,3)-o(1))^2+(TH(2,1)+TH(2,2)+TH(2,3)-o(2))^2+(TH(3,1)+TH(3,2)+TH(3,3)-D(3))^2;

!min=@sum(matrix1(i,j): TH(i,j)*(@log(TH(i,j)/T(i,j))-1));

max=@sum(matrix1(i,j): TH(i,j)-(@log(TH(i,j)))*T(i,j));

!max=@sum(matrix1(i,j): TH(i,j)*(@log(TH(i,j))-1));

@FOR(vector1(i):TH(i,1)+TH(i,2)+TH(i,3)=O(i));

@FOR(vector1(j):TH(1,j)+TH(2,j)+TH(3,j)=D(j));

v(1) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p1(i,j));

v(2) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p2(i,j));

v(3) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p3(i,j));

v(4) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p4(i,j));

v(5) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p5(i,j));

v(6) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p6(i,j));

v(7) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p7(i,j));

v(8) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p8(i,j));

v(9) =@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p9(i,j));

v(10)=@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p10(i,j));

v(11)=@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p11(i,j));

v(12)=@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p12(i,j));

v(13)=@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p13(i,j));

v(14)=@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p14(i,j));

v(15)=@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p15(i,j));

v(16)=@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p16(i,j));

v(17)=@sum(matrix1(i,j):TH(i,j)*p17(i,j));

@For(matrix1(i,j): TH(i,j)>1000);

!V(1)=1257;

!v(2)=822;

!v(3)=1027;

!V(4)=571;

!V(5)=260;

!V(6)=931;

!V(7)=500;

V(8)=2173;

v(9)=1326;

!V(10)=922;

پیوست ۲: خروجی نرم افزار

LINGO 11.0 - [Solution Report - 26-97-e1]

File Edit LINGO Window Help

Local optimal solution found.

Objective value: 15233.62

Infeasibilities: 0.4547474E-12

Total solver iterations: 20

Variable	Value	Reduced Cost
O(1)	6300.000	0.000000
O(2)	4500.000	0.000000
O(3)	4500.000	0.000000
D(1)	4800.000	0.000000
D(2)	4800.000	0.000000
D(3)	5700.000	0.000000
V(1)	1264.192	0.000000
V(2)	802.2121	0.000000
V(3)	1041.112	0.000000
V(4)	551.2519	0.000000
V(5)	501.1474	0.000000
V(6)	932.0394	0.000000
V(7)	815.5199	0.000000
V(8)	2173.000	0.000000
V(9)	1326.000	0.000000
V(10)	934.8074	0.000000
V(11)	248.5768	0.000000
V(12)	894.1052	0.000000
V(13)	371.5283	0.000000
V(14)	1020.398	0.000000
V(15)	537.9736	0.000000
V(16)	1109.884	0.000000
V(17)	1317.000	0.000000
T(1, 1)	1.000000	0.000000
T(1, 2)	1.000000	0.000000
T(1, 3)	1.000000	0.000000
T(2, 1)	1.000000	0.000000
T(2, 2)	1.000000	0.000000
T(2, 3)	1.000000	0.000000

- [1] Robillard, P. (1975) "Estimating the O-D matrix from observed link volumes", *Transportation Research*, Vol. 9: 123-128.
- [2] Cambridge Systematics, inc., (1996) "Travel Survey Manual," A paper prepared for U.S. Department of Transportation & U.S. Environmental Protection Agency.
- [3] Reddy, K. H. and Chakroborty, P. (1998) "A fuzzy inference based assignment algorithm to estimate O-D matrix from link volume counts", *Comput., Environ. and Urban Systems*, Vol. 22, No. 5: 409-423.
- [4] Sheffi, Y. (1984) "Urban transportation networks: Equilibrium analysis with mathematical programming methods", Prentice-Hall.
- [5] Yang, H. (1995) "Heuristic algorithms for the bi-level origin-destination matrix estimation problem", *Transportation Research, Part B: Methodological* 29: 231-242.
- [6] Fisk, C. S. (1988) On combining maximum entropy trip matrix estimation with user optimal assignment. *Transportation Research Part B: Methodological*, 22(1):69-73.
- [7] Spiess, H. A (1987) maximum-likelihood model for estimating origin-destination matrices. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 24(9):1167-1183.
- [8] Nguyen, Sang and Cascetta, Ennio. (1987) A unified framework for estimation or updating origin destination matrices from traffic counts. Tech. Rep. PUB-580, Université de Montréal (CA).
- [9] Hazelton, Martin L. (2000) Estimation of origin-destination matrices from link flows on uncongested networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 34(7):549-566.
- [10] Wilson, A.G. (2011) *Entropy in Urban and Regional Modelling. Monographs in spatial and environmental systems analysis.* Routledge.
- [11] Xie, Chi, Kockelman, Kara M., and Waller, S. Travis. (2011) A maximum entropy least squares estimator for elastic origin destination trip matrix estimation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(9):1465-1482.
- [12] Willumsen, L.G., of Leeds. Institute for Transport Studies, University, and Britain, Science Research Council Great. (1978) Estimation of an O-D Matrix from Traffic

Counts:A Review. Working paper: Institute of Transport Studies. Institute for Transport Studies, University of Leeds.

[13] Brenninger-Göthe, Maud, Jörnsten, Kurt, and Lundgren, Jan T. (1989) Estimation of origin-destination matrices from traffic counts using multiobjective programming formulations. *Transportation Research Part B: Methodological*, 23(4):257–269.

[14] Malouf, Robert. (2002) A comparison of algorithms for maximum entropy parameter estimation..

[15] Van Zuylen, Henk J. and Willumsen, Luis G. (1980) The most likely trip matrix estimated from traffic counts. *Transportation Research Part B: Methodological*, 14(3) : 281–293.

[16] Gu, Yu, McCallum, Andrew, and Towsley, Don. (2005) Detecting anomalies in network traffic using maximum entropy estimation. pp. 32–32.

[17] Bell, Michael G. H. (1991) The estimation of origin-destination matrices by constrained generalised least squares. *Transportation Research Part B: Methodological*, 25(1):13–22.

[18] Bierlaire, M. and Toint, Ph.L. Meuse: (1994) an origin-destination matrix estimator that exploits structure.

[19] Cascetta, Ennio. (1984) Estimation of trip matrices from traffic counts and survey data: A generalized least squares estimator. *Transportation Research Part B:Methodological* , 18(4-5):289–299.

[20] Nie, Yu, Zhang, H.M., and Recker, W.W. (2005) Inferring origin-destination trip matrices with a decoupled gls path flow estimator. *Transportation Research Part B: Methodological*, 39(6):497–518.

[21] Yang, Hai, Iida, Yasunori, and Sasaki, Tsuna. (1994) The equilibrium-based origin-destination matrix estimation problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 28(1):23–33.

[22] Judge, George G., Griffiths, William E., Hill, R. Carter, and Lee, Tsoung-Chao, eds. (1980) *The theory and practice of econometrics*. Wiley series in probability and mathematical statistics. Wiley, New York [u.a.].

[23] Henn, V. (2001), “Fuzzy route choice model for traffic assignment” *Fuzzy sets and systems*. No. 116, 77-101.

- [24] Modeling Transport, (2001), J.D.Ortuzar, L.G.Willumsen, John Wiley & Sons,LTD.
- [25] Yang, H. and Zhou, J., (1998) "Optimal traffic counting locations for origin–destination matrix estimation", Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 32, pp. 109-126.
- [26] Yim, P. K. and Lam, W. H., (1998) "Evaluation of count location selection methods for estimation of OD matrices", Journal of transportation engineering, Vol. 124, pp. 376-383.
- [27] Yang, H., Yang, C. and Gan, L., (2006) "Models and algorithms for the screen line-based trafficcounting location problems", Computers & operations research, Vol. 33, pp. 836-858.
- [28] Cipriani, E., Fusco, G., Gori, S. and Petrelli, M., (2006), "Heuristic methods for the optimal location of road traffic monitoring", in Intelligent Transportation Systems Conference, 2006. ITSC'06. IEEE, pp. 1072-1077.
- [29] Bera, S., Krishna Rao, K. V. (2011) “Estimation of origin destination matrix from traffic counts: the state of the art”, European transport n.49: 3-23
- [30] Snickars, F. and Weibull, J. W. (1977), “A minimum information principle, theory and practice”, Regional Science and Urban Economics, 7.
- [31] Wilson, A. G. (1970) Entropy in Urban and Regional Modeling, Methuen, Inc., NewYork.
- [32] Van Zuylen, J. H. and Willumsen L. G. (1980) “The most likely trip matrix estimated from traffic counts”, Transportation Research, Part B: Methodological 14: 281-293.
- [33] Cascetta, E. and Nguyen, S. (1988) “A unified framework for estimating or updating origin/destination matrices from traffic counts”, Transportation Research, Part B:Methodological 22: 437-455.
- [34] Bell, M. (1991) “The estimation of origin-destination matrices by constrained generalized least squares”, Transportation Research, Part B: Methodological 25: 13-22.
- [38] (2011) “Estimation of origin-destination matrix from traffic counts: the state of the art” European Transport \ Trasporti Europei n. 49: 3-23.
- [39] (1997) “Model Validation and Reasonableness Checking Manual” Barton-Aschman Associates, Inc. , Cambridge Systematics, Inc., FHWA.

[40] (2007) "Puget Sound Regional Concile (PSRC) Travel Model Documentation", Cambridge Systematics, Inc.

[41] (2005) "Transportation Models and Data Initiative: New York Best Practice Model (NYBPM)" Parsons Brinckerhoof Quade & Douglas, Inc.

[۳۵] یوسفی کیا م، (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد: "تصحیح ماتریس مبدأ- مقصد با اطلاعات شمارش حجم کمان های شبکه به روش جریان فازی ترافیک؛ نمونه موردی شهر مشهد"، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس.

[۳۶] جنتی ا، (۱۳۹۴)، پایان نامه ارشد: "برآورد ماتریس های مبدأ- مقصد"، دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر،

دانشگاه حکیم سبزواری.

[۳۷] فلاح ع، (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد: "اصلاح ماتریس مبدأ- مقصد با استفاده از شبکه های بیزی به کمک شمارش

حجم ترافیک کمان های شبکه (مطالعه موردی شهر اصفهان)"، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۴۲] مهندسین مشاور طرح هفتم، (۱۳۸۸)، بررسی مطالعات شهرسازی: "مطالعات بهنگام سازی طرح جامع حمل

ونقل شهر مشهد"، سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد.

[۴۳] مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن)، (۱۳۷۴)، بررسی مطالعات شهرسازی: "مطالعات بهنگام سازی

طرح جامع حمل و نقل شهر مشهد"، سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد.

Abstract

The knowledge of travel demand is an essential prerequisite for analyzing and planning the transportation supply. Origin-Destination (OD) matrix, as a fundamental element of transportation planning in the demand side, can be estimated in different ways. Estimating OD matrices from traffic counts, due to less costs and the ability to keep matrices up to date, are increasingly gaining interest. This thesis discusses the origin-destination matrix estimation using classical methods and statistical deals. In the analysis of transportation issues, information on travel demand by origin-destination matrix, or matrix traveling show that this matrix to analyze transportation and traffic control management is an important issue. Origin-destination matrix contains information about traffic or transportation of passengers and goods between the different parts of the area. This matrix shows the volume of demand for travel between different locations and can contribute significantly to the decision-makers and transport planners, development and management of transport. A variety of methods to estimate the origin-destination matrix of maximum entropy, maximum likelihood, least squares and minimum information that any of the methods were described in this study and at the end compare matrix estimation methods and best method will present.

Keywords: OD matrix estimation, traffic counts



Shahrood University of Technology

Faculty of Civil Engineering

MSc Thesis in ROAD AND TRANSPORT ENGINEERING

Title of thesis: Origin-Destination Matrix Estimation Using
Network Links Traffic Counts

By: sajad sanatnegar

Supervisor:

Dr. Hossien ghasemzadeh Tehrani

Advisor:

Dr. Jafar Fathali

June 2019