



شهرداری شیراز

بازبینی و بهنگام سازی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کلان شهر شیراز

۱-۳-۴- توزیع سفر

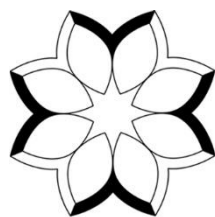
مرداد ماه ۱۴۰۱

شهرداری شیراز
دانشگاه علم و صنعت ایران



دانشگاه علم و صنعت ایران

به نام خداوند بخشنده مهربان



شهرداری شیراز

بازبینی و بهنگام سازی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کلان شهر شیراز

۱-۳-۴- توزیع سفر



دانشگاه علم و صنعت ایران

مرداد ماه ۱۴۰۱

مشخصات این گزارش:

دانشگاه علم و صنعت ایران		
عنوان پروژه: بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز		
عنوان گزارش: ۱-۳-۴- توزیع سفر		
شماره گزارش: ۰۳	شماره ویرایش: ۰۱	تاریخ تهیه گزارش: مرداد ماه ۱۴۰۱
چکیده گزارش: دومین مرحله از فرآیند مدل‌سازی ۴ مرحله‌ای تقاضا، توزیع سفر است که سفرهای تولید شده در هر ناحیه را بین نواحی دیگر توزیع می‌کند. در این گزارش ابتدا در مورد انواع مدل‌های توزیع مرسوم توضیحاتی ارائه شده و در ادامه فرآیند کالیبراسیون مدل جاذبه با استفاده از ابزار موجود در نرم‌افزار PTV-Visum برای شهر شیراز به‌طور کامل شرح داده است. در نهایت برای هر هدف سفر بررسی شده در بخش تولید و جذب یک مدل توزیع جداگانه ساخته شده است تا در ادامه کار مورد استفاده قرار بگیرد.		
کارفرما: شهرداری شیراز- معاونت حمل‌ونقل و ترافیک		
مهندس هادی شه‌دوست شیرازی	معاون حمل و نقل و ترافیک	
مهندس محسن حدیقه جوانی	مدیر کل مطالعات حمل و نقل و ترافیک	
مهندس محمدحسن جعفری	رییس گروه مطالعات حمل و نقل	
مهندس محمدرضا رضایی	کارشناس دفتر مطالعات حمل و نقل	
مهندس محمدعلی ابراهیمی	کارشناس دفتر مطالعات حمل و نقل	
تهیه کنندگان:		
دکتر افشین شریعت	مجری طرح و مدیر پروژه	
دکتر علی نادران	مشاور عالی	
مهندس محمدرضا رافعی	مدیر فنی پروژه	
مهندس فرزانه هداوند	کارشناس پروژه	
مهندس سعید دبیدیان	کارشناس پروژه	
نشانی مشاور:		
تهران- بزرگراه رسالت- خیابان فرجام- دانشگاه علم‌و‌صنعت ایران- تلفن: ۰۲۱-۷۷۸۰۳۱۰۰		
نشانی کارفرما:		
فارس- شیراز- میدان شهدا- شهرداری شیراز- تلفن: ۰۷۱-۳۲۲۲۳۶۲۴		

فهرست مطالب

۱.....	مدل توزیع سفر
۱.....	۱- مقدمه
۴.....	۲- تعاریف اولیه
۴.....	۲-۱- هزینه عمومی سفر
۴.....	۲-۲- ماتریس سفر
۵.....	۲-۳- تابع مقاومت (مسافت) سفر
۷.....	۳- مدل‌های مرسوم توزیع سفر
۷.....	۳-۱- مدل‌های رشد
۷.....	۳-۱-۱- رشد یکنواخت
۷.....	۳-۱-۲- مدل رشد یک قیدی
۷.....	۳-۱-۳- مدل رشد دو قیدی
۸.....	۳-۱-۴- مدل دیترویت
۸.....	۳-۱-۵- مدل فراتر
۸.....	۳-۱-۶- ویژگی‌های مدل‌های رشد
۹.....	۳-۲- مدل‌های جاذبه
۹.....	۳-۲-۱- مقدمه
۱۰.....	۳-۲-۲- مدل‌های جاذبه یک قیدی
۱۰.....	۳-۲-۳- مدل‌های جاذبه دو قیدی
۱۰.....	۳-۲-۴- مدل‌های جاذبه با شاخص جذابیت در مقصد
۱۱.....	۳-۲-۵- معرفی ضریب K
۱۱.....	۳-۲-۶- پرداخت مدل جاذبه
۱۲.....	۳-۲-۶-۱- روش ساده (حدسی)
۱۲.....	۳-۲-۶-۲- روش هایمن
۱۳.....	۳-۲-۶-۳- روش استفاده از تصحیح و برازش
۱۵.....	۳-۲-۷- ویژگی‌های مدل جاذبه
۱۶.....	۳-۳- مروری بر مدل‌های توزیع سفر در مطالعات جامع سایر شهرهای کشور
۱۶.....	۳-۳-۱- نوع مدل‌های استفاده شده
۱۶.....	۳-۳-۲- نحوه ارزیابی مدل

۴- مروری بر نحوه پرداخت و اعتبارسنجی مدل جاذبه	۱۷
۴-۱- نحوه پرداخت و ارزیابی مدل جاذبه.....	۱۷
۴-۲- تعیین مقادیر مقاومت سفر.....	۱۷
۴-۳- آزمون‌های اعتبارسنجی مدل جاذبه.....	۱۹
۴-۴- ضریب تطابق.....	۲۰
۵- نکات مهم در مدل‌سازی توزیع سفر	۲۲
۶- روش ساخت و پرداخت مدل جاذبه برای شهر شیراز	۲۵
۶-۱- گام‌های کلی کالیبراسیون و ارزیابی مدل جاذبه.....	۲۵
۶-۲- ماتریس‌های مقاومت سفر.....	۳۷
۶-۳- نحوه پرداخت مدل جاذبه در نرم‌افزار VISUM.....	۳۷
۶-۴- انتخاب مناسب‌ترین مدل جاذبه.....	۴۱
۷- منابع و مراجع	۵۴

 دانشگاه شیراز	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز				 شهرداری شیراز		
	صفحه ب	۱-۳-۴- توزیع سفر					
	تاریخ					گزارش	ویرایش
	مرداد ماه ۱۴۰۱					۰۳	۰۱

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- فرآیند مدل‌سازی مرسوم چهار مرحله‌ای ۲
- شکل ۲-۱- فرآیند ۴ مرحله‌ای اجرا شده در نرم‌افزار PTV-Visum ۳
- شکل ۱-۲- ماتریس مبدأ- مقصد سفر ۵
- شکل ۲-۲- نمودار انواع مختلف تابع مسافت ۶
- شکل ۱-۳- نحوه نمایش توزیع طول سفرها در یک ناحیه شهری ۱۲
- شکل ۲-۳- نمایشی شماتیک از توزیع طول سفرها در تکرارهای مختلف ۱۴
- شکل ۳-۳- نحوه تصحیح برازش‌ها روی محور لگاریتمی ۱۴
- شکل ۱-۶- دسته‌بندی اهداف سفر شهر شیراز ۲۷
- شکل ۲-۶- تطابق مناطق شهرداری شیراز با نواحی ترافیکی ۲۸
- شکل ۳-۶- توزیع سفرهای کاری شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴ ۳۱
- شکل ۴-۶- توزیع سفرهای خرید شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴ ۳۲
- شکل ۵-۶- توزیع سفرهای تفریحی شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴ ۳۳
- شکل ۶-۶- توزیع سفرهای کارشناسی شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴ ۳۴
- شکل ۷-۶- توزیع سفرهای تحصیلی شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴ ۳۵
- شکل ۸-۶- توزیع سفرهای غیرخانه مبنا شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴ ۳۶
- شکل ۹-۶- برگه مخصوص انتخاب ماتریس مقاومت سفر مورد نظر در نرم‌افزار VISUM ۳۹
- شکل ۱۰-۶- برگه مخصوص ورود داده‌های توزیع فراوانی سفرها برای پرداخت مدل جاذبه در نرم‌افزار VISUM ۳۹
- شکل ۱۱-۶- برگه مخصوص ورود داده‌های نوع تابع مقاومت سفر برای پرداخت مدل جاذبه در نرم‌افزار VISUM ۴۰
- شکل ۱۲-۶- برگه مخصوص انتخاب فایل‌های مورد نظر برای ذخیره نتایج حاصل از کالیبراسیون مدل جاذبه ۴۰
- شکل ۱۳-۶- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع- هدف سفر کاری ۴۴
- شکل ۱۴-۶- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع- هدف سفر خرید ۴۵
- شکل ۱۵-۶- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع- هدف سفر تحصیلی ۴۶
- شکل ۱۶-۶- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع- هدف سفر تفریحی ۴۷
- شکل ۱۷-۶- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع- هدف سفر کارشناسی ۴۸
- شکل ۱۸-۶- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع- هدف سفر غیرخانه مبنا ۴۹
- شکل ۱۹-۶- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی- هدف سفر کاری ۵۰
- شکل ۲۰-۶- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی- هدف سفر تحصیلی ۵۰
- شکل ۲۱-۶- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی- هدف سفر خرید ۵۱
- شکل ۲۲-۶- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی- هدف سفر تفریحی ۵۱
- شکل ۲۳-۶- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی- هدف سفر کارشناسی ۵۲
- شکل ۲۴-۶- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی- هدف سفر غیرخانه مبنا ۵۲
- شکل ۲۵-۶- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی- مجموع سفرها ۵۳

 دانشگاه شیراز	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز	
	صفحه ج	۱-۳-۴- توزیع سفر			
	تاریخ	گزارش	ویرایش		
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

فهرست جدول‌ها

۱۹	جدول ۴-۱- زمان‌های پایانی (بر حسب دقیقه).....
۲۹	جدول ۶-۱- تناظر نواحی ترافیکی و مناطق شهرداری
۴۲	جدول ۶-۲- مقایسه امتیاز ماتریس‌های مقاومت در پرداخت مدل جاذبه به تفکیک هدف سفر.....
۴۳	جدول ۶-۳- ضرایب نهایی مدل جاذبه به تفکیک هدف سفر برای شهر شیراز.....

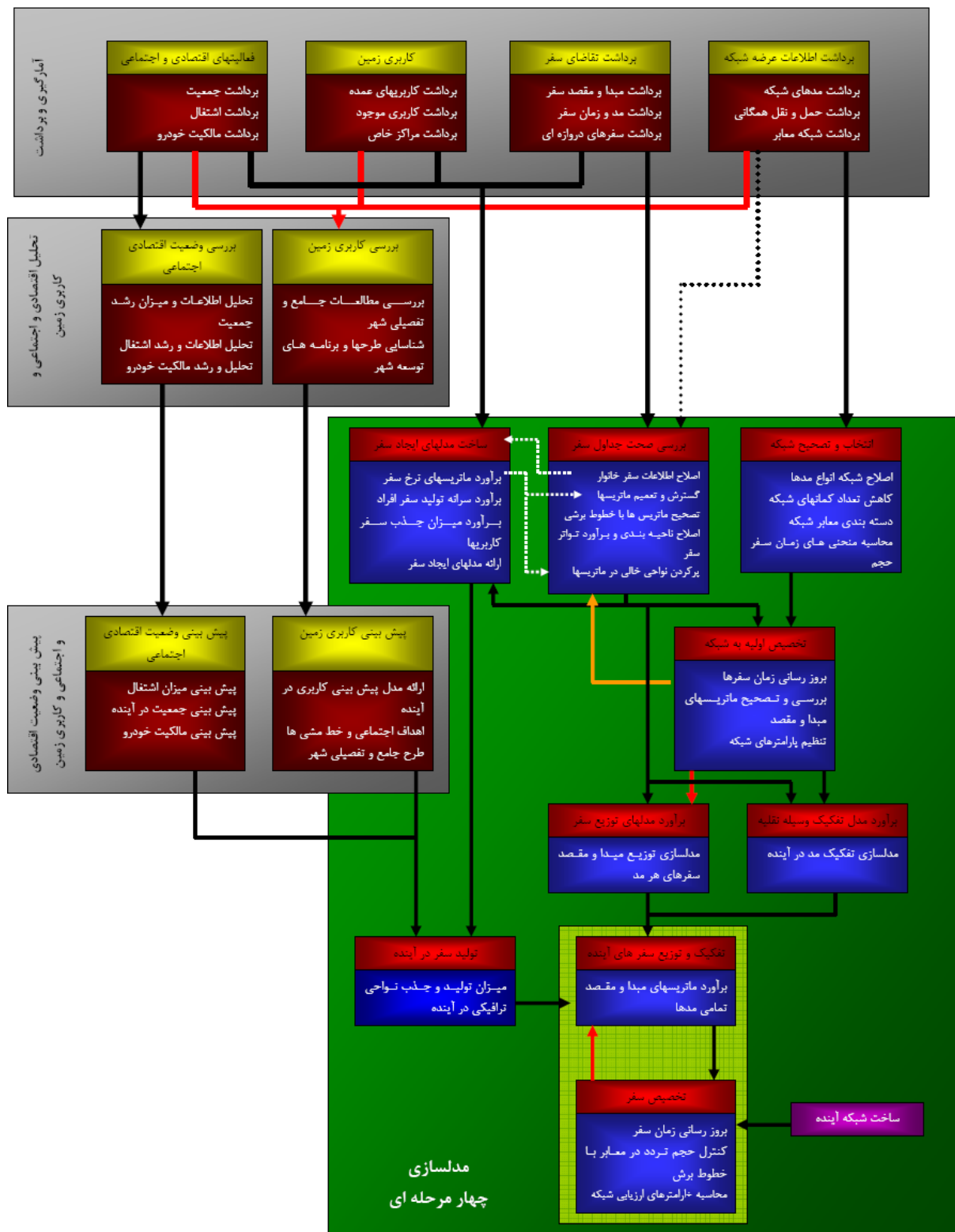
 دانشگاه شیراز	صفحه د	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

مدل توزیع سفر (بند ۱-۳-۴)

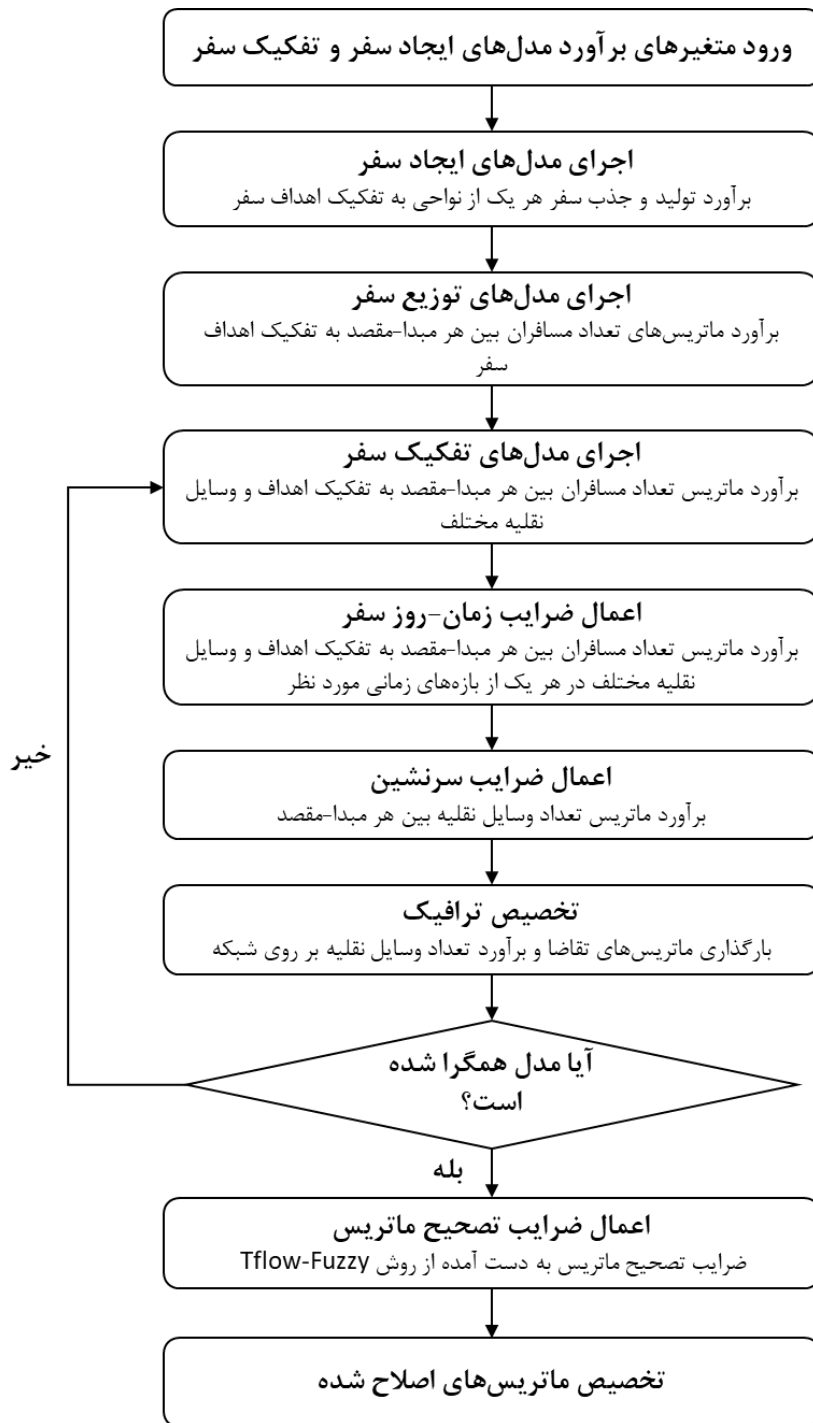
۱- مقدمه

برای برآورد تقاضای سفر آینده برای استفاده از شبکه معابر، لازم است تبادل سفر بین نواحی مختلف با در نظر گرفتن جهت آن‌ها بین مبادی و مقاصد مشخص شود. به عبارت دیگر ماتریس سفرها برآورد شود. این کار در مدل‌های مرسوم و متداول چهارمرحله‌ای برآورد تقاضای سفر، در مرحله دوم و توسط مدل‌های توزیع سفر صورت می‌گیرد. شکل ۱-۱ جایگاه مدل توزیع را در مدل‌های مرسوم چهارمرحله‌ای نشان می‌دهد. در شکل ۱-۲ نیز فرآیند ۴ مرحله‌ای وارد شده در نرم‌افزار PTV-Visum نمایش داده شده که جایگاه اجرای مدل توزیع در آن مشخص است. در ادامه ابتدا به تعاریف و مبانی تئوری این مدل‌ها و نحوه پرداخت و ارزیابی آن‌ها اشاره شده و سپس روش به‌کارگیری این مدل در شهر شیراز ارائه می‌شود.

 دانشگاه شیراز	صفحه ۱	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		



شکل ۱-۱- فرآیند مدل سازی مرسوم چهار مرحله ای



شکل ۱-۲- فرآیند ۴ مرحله‌ای اجرا شده در نرم‌افزار PTV-Visum

۲- تعاریف اولیه

۲-۱- هزینه عمومی سفر

یکی از عوامل مؤثر برای تعیین مدل‌های توزیع سفر، متغیر هزینه است که می‌توان آن را به صورت واحد مسافت، زمان یا پول به دست آورد. شکل معمول برای محاسبه تابع هزینه استفاده از شاخصی است مرکب از تمام خصوصیات که به نوعی عدم مطلوبیت سفر^۱ را نشان می‌دهند؛ این شاخص را هزینه عمومی^۲ سفر می‌نامند [۱]:

$$C_{ij} = a_1 t_{ij}^v + a_2 t_{ij}^w + a_3 t_{ij}^t + a_4 t_{nij} + a_5 F_{ij} + a_6 \phi_j + \delta$$

رابطه ۲-۱

که در آن:

t_{ij}^v = زمان درون وسیله نقلیه^۳،

t_{ij}^w = زمان پیاده روی به و یا از ایستگاه،

t_{ij}^t = زمان انتظار^۴ در ایستگاه،

t_{nij} = زمان انتقال بین وسایل سفر^۵،

F_{ij} = مقدار کرایه پرداخت شده،

ϕ_j = هزینه ترمینال و

δ = جریمه مدی^۶ است.

۲-۲- ماتریس سفر

روال مرسوم برای نمایش الگوی سفر در محدوده مورد مطالعه استفاده از ماتریس سفر^۸ است که شمای کلی آن در شکل ۲-۱ مشاهده می‌شود. T_{ij} تعداد سفرهای بین ناحیه‌ای از مبدأ i به مقصد j و T تعداد کل سفرهاست. O_i تعداد کل سفرهایی است که مبدأ آن‌ها در ناحیه i است و D_j تعداد کل

^۱ Disutility of Movement

^۲ Generalized Cost of Travel

^۳ In-vehicle Travel Time

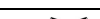
^۴ Walking Time

^۵ Waiting Time

^۶ Interchange Time

^۷ Modal Penalty

^۸ Trip Matrix

 دانشگاه شیراز	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز				 شیراز
	صفحه ۴				
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱			

سفرهایی است که به ناحیه j وارد می‌شود.

جمع تمام سفرهای موجود در یک ردیف باید با تعداد کل سفرهایی که از آن ناحیه سرچشمه می‌گیرند برابر باشد و جمع سفرهای موجود در یک ستون باید با تعداد کل سفرهایی که به آن ناحیه ختم می‌شوند برابر شود. این شرایط محدودیت‌های (قیدهای) مدل‌های توزیع سفر را بیان می‌کنند [۱]:

$$\sum_j T_{ij} = O_i$$

$$\sum_i T_{ij} = D_j$$

رابطه ۲-۲

Origins	Destinations					$\sum_j T_{ij}$
	1	2	3	...j	...z	
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	... T_{1j}	... T_{1z}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	... T_{2j}	... T_{2z}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	... T_{3j}	... T_{3z}	O_3
...						
i	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	... T_{ij}	... T_{iz}	O_i
...						
z	T_{z1}	T_{z2}	T_{z3}	... T_{zj}	... T_{zz}	O_z
$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	D_3	... D_j	... D_z	$\sum_{ij} T_{ij} = T$

شکل ۲-۱- ماتریس مبدأ- مقصد سفر

۲-۳- تابع مقاومت^۱ (مسافت) سفر

تابعی است از هزینه عمومی سفر و در مدل جاذبه^۲ برای لحاظ کردن هزینه در روند مدل‌سازی استفاده می‌شود. معروف‌ترین و پرکاربردترین توابع مسافت عبارتند از [۱]:

$$f(c_{ij}) = \exp(\beta c_{ij}) \quad \text{رابطه ۲-۳}$$

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^n \quad \text{رابطه ۲-۴}$$

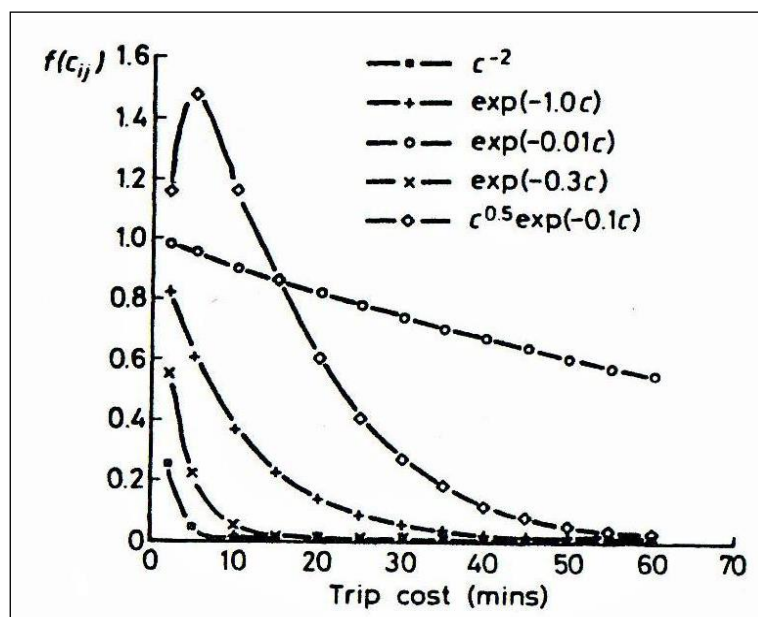
$$f(c_{ij}) = c_{ij}^n \exp(\beta c_{ij}) \quad \text{رابطه ۲-۵}$$

$$f(c_{ij}) = J_{bin} \quad \text{رابطه ۲-۶}$$

شکل ۲-۲ نمودار انواع مختلف تابع مسافت را نشان می‌دهد.

^۱ Impedence (Friction)

^۲ Gravity Model



شکل ۲-۲- نمودار انواع مختلف تابع مسافت [۱]

۳- مدل‌های مرسوم توزیع سفر

۳-۱- مدل‌های رشد

۳-۱-۱- رشد یکنواخت

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 می‌شود [۱] تا ماتریس توزیع سفر سال‌های افق به دست آید.

$$T_{ij} = \lambda t_{ij} \quad \text{رابطه ۱-۳}$$

t_{ij} = تعداد سفر در سال پایه

T_{ij} = تعداد سفر در سال افق

۳-۱-۲- مدل رشد یک قیدی

با توجه به اطلاعاتی که در مورد مبدأ یا مقصد سفرها در سال پایه وجود دارد می‌توان از محدودیت مربوط به مبدأ یا مقصد برای توزیع سفرها در سال‌های افق استفاده کرد [۱]. در صورت در اختیار داشتن رشد سفرهای تولید شده در مبدأها (λ_i):

$$T_{ij} = \lambda_i t_{ij} \quad \text{رابطه ۲-۳}$$

در صورت وجود رشد سفرهای تولید شده در مقصدها (λ_j):

$$T_{ij} = \lambda_j t_{ij} \quad \text{رابطه ۳-۳}$$

۳-۱-۳- مدل رشد دو قیدی

هنگامی که اطلاعات مربوط به سفرهای آغاز شده از همه مبادی و پایان یافته در همه مقصدها موجود باشد، یعنی برای هر ناحیه یک ضریب رشد تولید سفر λ_i و یک ضریب رشد جذب سفر γ_j در اختیار باشد، مدل رشد دو قیدی خواهد بود و سفرهای سال طرح برای دو ناحیه i و j رابطه مستقیمی با سفرهای سال پایه، ضریب رشد تولید در ناحیه i و ضریب جذب در ناحیه j دارند و رابطه به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$T_{ij} \sim \lambda_i \gamma_j t_{ij} \quad \text{رابطه ۴-۳}$$

برای برقراری تعادل در راستای ارضای هر دو قید، ضرایب تعادل A_i و B_j در رابطه گنجانده می‌شوند:

$$T_{ij} = A_i B_j \lambda_i \gamma_j t_{ij} \quad \text{رابطه ۵-۳}$$

برای به دست آوردن T_{ij} از روش تکرار و تصحیح فرنس^۱ استفاده شده است. معمولاً پس از چند مرحله

^۱ Furness (1965)

 دانشگاه شیراز	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز	
	صفحه ۷	گزارش	ویرایش		۱-۳-۴- توزیع سفر
	تاریخ				
	مرداد ماه ۱۴۰۱				

می‌توان به دقت ۳ تا ۵ درصد رسید [۱].

۳-۱-۴- مدل دیترویت

برخی از مدل‌های رشد، تنها تبادل سفرها را بدون در نظر داشتن جهت سفرها، در نظر می‌گیرند. یعنی مثلاً منطقه i بدون توجه به جذب یا تولید یک ضریب رشد λ_i دارد. از این نوع مدل‌ها می‌توان مدل‌های دیترویت^۱ و فراتر^۲ 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 می‌آید:

$$T_{ij} = t_{ij} \frac{\lambda_i \times \lambda_j}{\lambda_{av.}} \quad \text{رابطه ۳-۶}$$

سپس نسبت سفرهای به دست آمده از رابطه (۳-۷) به سفرهای سال طرح برای هر ناحیه محاسبه می‌شود. اگر اختلاف در حد مطلوب نباشد از فرمول تکرار استفاده خواهد شد:

$$T_{ij}^k = T_{ij}^{k-1} \frac{\lambda_i^{k-1} \times \lambda_j^{k-1}}{\lambda_{av.}^{k-1}} \quad \text{رابطه ۳-۷}$$

۳-۱-۵- مدل فراتر

در این مدل T_{ij} و T_{ji} به‌طور جداگانه از روابط ذیل محاسبه شده و سپس میانگین آن‌ها به عنوان تبادل سفر بین دو ناحیه در نظر گرفته شده است [۲ و ۳].

$$T_{ij} = \frac{t_{ij} \cdot \lambda_j}{\sum_j (t_{ij} \cdot \lambda_j)} \lambda_i \cdot \sum_j t_{ij} \quad \text{رابطه ۳-۸}$$

$$T_{ji} = \frac{t_{ji} \cdot \lambda_i}{\sum_i (t_{ji} \cdot \lambda_i)} \lambda_j \cdot \sum_i t_{ji} \quad \text{رابطه ۳-۹}$$

روند تکرار در این روش مانند روش دیترویت است.

۳-۱-۶- ویژگی‌های مدل‌های رشد

هرچند خصوصیات مدل‌های رشد در همه آن‌ها یکسان نیست، اما به‌طور کلی می‌توان نقاط قوت و ضعف آن‌ها را به صورت زیر برشمرد:

➤ مزایای مدل‌های رشد

^۱ Detroit

^۲ Faratar

 دانشگاه گیلان	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شیراز	
	صفحه ۸	توزیع سفر ۱-۳-۴			
	تاریخ	گزارش	ویرایش		
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

- ✓ ساده‌اند و به‌کارگیری آن‌ها هزینه چندانی نخواهد داشت.
- ✓ غیر از مدل‌های رشد دو قیدی، فرآیندی برای پرداخت (کالیبره کردن) ندارند.
- ✓ برای جاهایی که رشد یکنواخت دارند و تحول زیادی نداشته باشند مناسب هستند.
- معایب مدل‌های رشد

- ✓ در نواحی که تازه به وجود آمده‌اند توزیع سفرهای سال پایه صفر در نظر گرفته خواهد شد، درنتیجه امکان پیش‌بینی توزیع سفرها در آینده وجود ندارد.
- ✓ وجود هرگونه خطا در آمار سفرهای سال پایه موجب جواب‌های نادرست در سال افق است.
- ✓ تغییرات اساسی کاربری زمین یا فعالیت‌های بین منطقه‌ای را در نظر نمی‌گیرند.
- ✓ به تابع مقاومت سفر حساس نبوده و آن را در نظر نمی‌گیرند.

۳-۲- مدل‌های جاذبه

۳-۲-۱- مقدمه

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. احتمالاً مدل جاذبه اولین بار توسط کیسی^۱ در سال ۱۹۵۵ [۱] برای سفرهای خرید بین‌شهری به صورت رابطه ۳-۱۰ به کار رفته است:

$$T_{ij} = \alpha \frac{P_i \times P_j}{d_{ij}^2} \quad \text{رابطه ۳-۱۰}$$

که در آن P_i و P_j به ترتیب جمعیت شهرهای مبدأ و مقصد، d_{ij} فاصله بین آن‌ها و α ضریب تناسب است.

پس از مدتی شکل کلی مدل به صورت زیر در آمد:

$$T_{ij} = \alpha O_i D_j f(c_{ij}) \quad \text{رابطه ۳-۱۱}$$

که در آن:

O_i = تعداد سفر از مبدأ i و $f(c_{ij})$ = تابع مقاومت سفر بین مبدأ i و مقصد j

D_j = تعداد سفر به مقصد j و α = ضریب تناسب

^۱ Casey

 دانشگاه شیراز	صفحه ۹	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

۳-۲-۲- مدل‌های جاذبه یک قیدی^۱

در مدل‌های جاذبه مرسوم به جای استفاده از ضریب تناسب α ، از دو مجموعه ضریب A_i و B_j به نام ضرایب تعادل^۲ استفاده شده و شکل کلی مدل به صورت زیر است:

$$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j f(c_{ij}) \quad \text{رابطه ۱۲-۳}$$

هرگاه یکی از قیده‌های مربوط به مبادی یا مقاصد وجود داشته باشند، مدل جاذبه یک قیدی است. مثلاً اگر تنها محدودیت مبادی برقرار باشد، همه B_j ها مساوی با یک بوده و ضرایب A_i به صورت ذیل به دست می‌آیند:

$$\sum_j T_{ij} = O_i \Rightarrow \sum_j T_{ij} = \sum_j A_i O_i D_j f(c_{ij}) = A_i O_i \sum_j D_j f(c_{ij}) = O_i$$

$$\Rightarrow A_i = 1 / \sum_j D_j f(c_{ij}) \quad \text{رابطه ۱۳-۳}$$

۳-۲-۳- مدل‌های جاذبه دو قیدی^۳

اگر در مدل جاذبه هم محدودیت مبادی و هم محدودیت مقاصد برقرار باشد، با اثباتی مشابه رابطه‌ها به صورت زیر است:

$$A_i = 1 / \sum_j B_j D_j f(c_{ij}) \quad \text{رابطه ۱۴-۳}$$

$$B_j = 1 / \sum_i A_i O_i f(c_{ij}) \quad \text{رابطه ۱۵-۳}$$

در این حالت با استفاده از روش فرنس A_i و B_j محاسبه شده است؛ به این صورت که با ثابت فرض کردن یکی از ضرایب بالانس دیگری به دست آمده و سپس همین کار برای ضریب دیگر انجام می‌شود و این کار تا به دست آمدن مقادیری در فاصله همگرایی دلخواه تکرار می‌شود.

۳-۲-۴- مدل‌های جاذبه با شاخص جذابیت در مقصد

در برخی از مدل‌های جاذبه (که شرح آن‌ها در مرجع [۳] آمده است) به جای استفاده از مقدار سفرهای جذب شده در مقاصد (D_j) ، از ضریبی با نام جذابیت^۴ استفاده شده است. در این مدل‌ها سایر متغیرها مانند دو مدل قبلی هستند.

^۱ Singly constrained

^۲ Ballancing factors

^۳ Doubly constrained

^۴ Attractiveness

 دانشگاه شیراز	صفحه ۱۰		بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر		
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱			

۳-۲-۵- معرفی ضریب K

ممکن است بعضی از نواحی، علاقه خاصی برای سفر به مقصدی خاص داشته باشند یا محل سکونت و محل اشتغال به گونه‌ای باشد که نتوان تنها با لحاظ کردن هزینه عمومی، تبادل بین آن نواحی را مدل کرد. یعنی ویژگی‌های رفتاری و شرایط اقتصادی بین دو ناحیه ممکن است به گونه‌ای باشد که تنها هزینه عمومی در توزیع سفر بین دو ناحیه تأثیرگذار نباشد. در این صورت از ضریب K (ضریب اصلاح اقتصادی- اجتماعی بین ناحیه‌ای) استفاده می‌شود:

$$T_{ij} = K_{ij} A_i B_j O_i D_j f(c_{ij}) \quad \text{رابطه ۳-۱۶}$$

توضیح بیشتر این که در مدل جاذبه بدون ضریب K توزیع سفر بین همه نواحی تنها با توجه به مقاومت سفر (که تابعی از هزینه (زمان) سفر است) و تعداد تولید و جذب سفر صورت می‌گیرد، در صورتی که با دخالت دادن ضریب K رابطه ویژه‌ای علاوه بر مقاومت و تعداد تولید و جذب سفر بین دو نواحی برقرار می‌شود. البته باید توجه کرد که به علت این که نمی‌توان این ضریب را به دقت برای تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در آینده محاسبه کرد، استفاده از آن در مدل‌سازی شهرهای کوچک و متوسط توصیه نشده است.

۳-۲-۶- پرداخت مدل جاذبه

پرداخت یا واسنجی^۱ یک مدل به شکل مدل و تعداد متغیرهای انتخاب شده در آن بستگی دارد. در یک مدل جاذبه دو قیدی با یک تابع نمایی به عنوان هزینه عمومی سفر به صورت:

$$f(c_{ij}) = \exp(-\beta c_{ij}) \quad \text{رابطه ۳-۱۷}$$

جمعاً $Z+Z+1$ پارامتر موجود است که $2Z$ آن هنگام تشکیل مدل برای ارضای محدودیت‌ها (تعداد نواحی Z) به دست می‌آیند و پارامتر دیگر (β) باید به صورت مستقل تعیین شود. مدل‌های جاذبه را می‌توان به روش‌های ذیل پرداخت کرد:

- روش ساده (حدسی) [۱]
- روش هایمن (Hyman's Method) [۱]
- روش استفاده از تصحیح و برازش [۳]

در این بخش هر یک از روش‌های نامبرده به اجمال توضیح داده می‌شود. قابل توجه آن که در روش‌های زیر توابع مسافت (مقاومت) با یک ضریب β مد نظر قرار گرفته‌اند و در صورت استفاده از توابع دیگر با

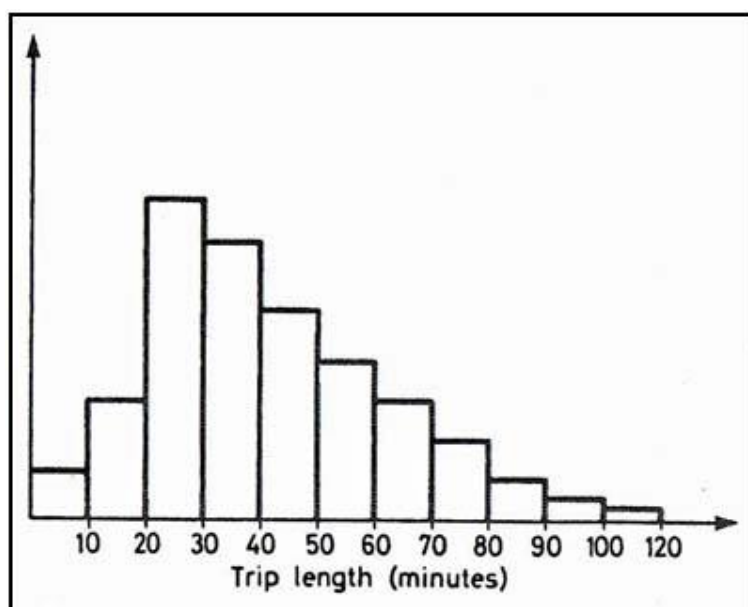
^۱ Calibration

 شهرداری شیراز	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز				 دانشگاه شیراز
	۱-۳-۴- توزیع سفر		ویرایش	گزارش	
			۰۱	۰۳	
			مرداد ماه ۱۴۰۱	تاریخ	
				صفحه ۱۱	

پارامترهای پرداخت بیشتر، می‌بایست هر یک از این روش‌ها با توجه به تعداد پارامترها تغییر یابند.

۳-۲-۶-۱- روش ساده (حدسی)

در این روش یک مقدار اولیه برای β انتخاب می‌شود. سپس توزیع طول سفرهای به دست آمده از مدل^۱ (MTLD) را با توزیع طول سفرهای مشاهده شده^۲ (OTLD) مقایسه می‌کنند. اگر درصد خطای تطابق از حد مشخصی کمتر بود β انتخاب می‌شود وگرنه با حدسی دیگر کار را تکرار می‌کنند تا به مقدار مناسب برای β دست یابند. این روش به تجربه زیادی نیاز دارد و معمولاً توصیه نمی‌شود. شکل ۳-۱ نمایشی از مقایسه توزیع طول سفرهای به دست آمده از مشاهده است. لازم به ذکر است منظور از طول سفر، ممکن است طول مکانی سفر (مسافت) یا طول زمانی سفر (زمان سفر) باشد.



شکل ۳-۱- نحوه نمایش توزیع طول سفرها در یک ناحیه شهری [۱]

۳-۲-۶-۲- روش هایمن^۳

در این روش ابتدا یک c^* (میانگین وزنی هزینه به دست آمده از OTLD) به دست می‌آید:

$$c^* = \frac{\sum_{ij} (N_{ij} C_{ij})}{\sum_{ij} N_{ij}} \quad \text{رابطه ۳-۱۸}$$

که در آن N_{ij} تعداد سفرهای مشاهده شده بین زوج مبدأ- مقصد (i,j) است. حال می‌توان الگوریتم زیر

^۱ Model Travel Length Distribution (MTLD)

^۲ Observed Travel Length Distribution (OLTD)

^۳ Hyman's Method

	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			
	صفحه ۱۲	ویرایش	گزارش	
	تاریخ	۰۱	۰۳	
۱-۳-۴- توزیع سفر		مرداد ماه ۱۴۰۱		

را پی گرفت:

گام اول: مقادیر اولیه را به صورت زیر تنظیم نمایید:

$$\beta_0 = 1/c^*, \quad m=0$$

رابطه ۱۹-۳

گام دوم: با استفاده از مدل جاذبه و β ، میانگین هزینه سفر را از مدل محاسبه کرده و β_m را از رابطه زیر به دست آورید:

$$\beta_m = \beta \cdot c / c^*$$

رابطه ۲۰-۳

که در این رابطه c میانگین هزینه سفر به دست آمده از اجرای مدل است.

گام سوم: m را مساوی با $m+1$ قرار داده و با β_{m-1} ماتریس سفر را با استفاده از مدل جاذبه محاسبه کنید تا c_{m-1} به دست آید؛ اگر c_{m-1} با c^* در حد دلخواه نزدیک است فرآیند به اتمام رسیده است وگرنه به گام چهارم بروید.

گام چهارم: β_{m+1} را برای مرحله بعدی با تخمین زیر به دست آورید:

$$\beta_{m+1} = \frac{(c^* - c_{m-1})\beta_m - (c^* - c_m)\beta_{m-1}}{(c_m - c_{m-1})}$$

رابطه ۲۱-۳

گام پنجم: تا هنگامی که در گام سوم به تخمین مناسبی از β دست نیافته‌اید گام‌های سوم و چهارم را تکرار کنید.

۳-۲-۶-۳- روش استفاده از تصحیح و برازش

در این روش یک β اولیه انتخاب می‌شود. سپس مدل جاذبه اجرا شده و توزیع طول سفرهای به دست آمده از مدل (MTLD) برای بازه‌های مشخص به صورت درصد به دست می‌آید. سپس با استفاده از مقادیر مشابه به دست آمده از توزیع طول سفرهای مشاهده شده (OTLD) هزینه عمومی هر بازه به صورت ذیل تصحیح می‌شود [۳]:

$$f_k(\text{adjusted}) = f_k(\text{observed}) / f_k(\text{calculated})$$

رابطه ۲۲-۳

که در آن:

$$f_k(\text{calculated}) = \text{درصد سفرهای مشاهده شده در بازه } k \text{ از مدل و}$$

$$f_k(\text{observed}) = \text{درصد سفرهای محاسبه شده در بازه } k \text{ از مشاهده.}$$

پس از برازش نمودار بر داده‌های به دست آمده، شیب نمودار برازش شده β جدید را به دست خواهد

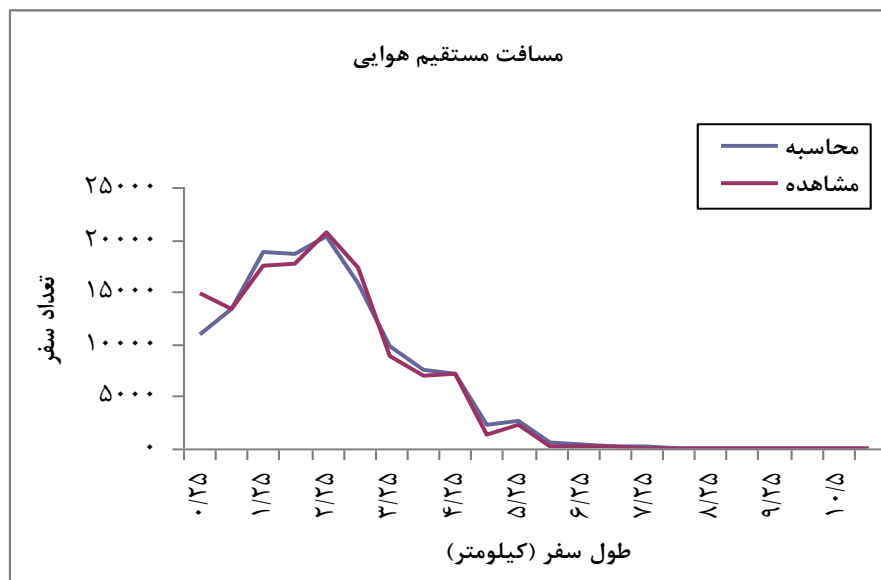
داد، زیرا:

 دانشگاه شیراز	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان شهر شیراز			 شهرداری شیراز	
	صفحه ۱۳	۱-۳-۴- توزیع سفر			
	تاریخ				گزارش
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

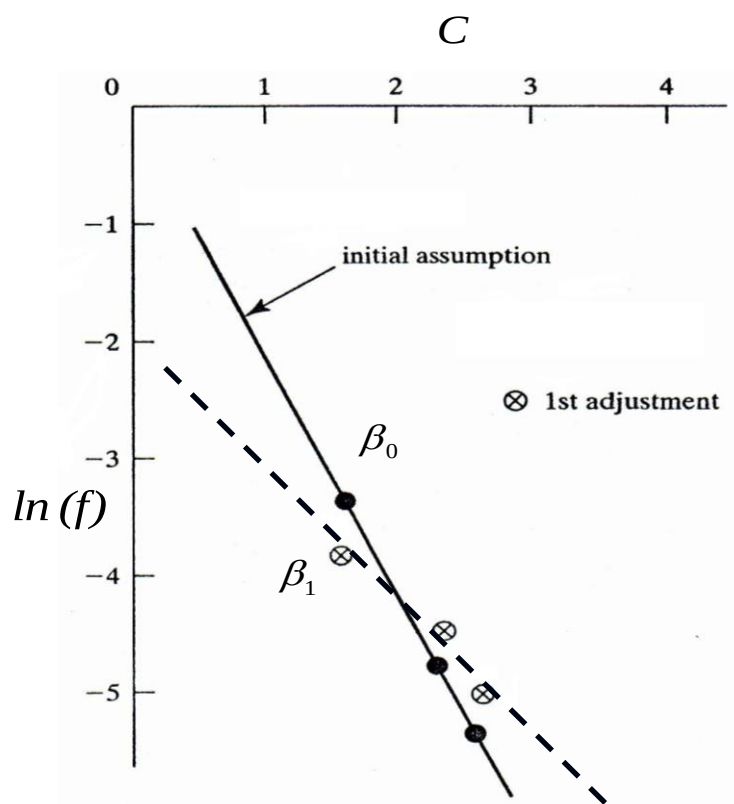
$$f = \exp(-\beta C) \rightarrow \ln(f) = -\beta C$$

رابطه ۳-۲۳

شکل ۳-۲ توزیع طول سفرها در تکرارهای مختلف را به صورت شماتیک نمایش می‌دهد و شکل ۳-۳ نحوه تصحیح برازش‌ها را روی محور لگاریتمی نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲- نمایشی شماتیک از توزیع طول سفرها در تکرارهای مختلف



شکل ۳-۳- نحوه تصحیح برازش‌ها روی محور لگاریتمی [۳]

 دانشگاه صنعتی اصفهان	صفحه ۱۴	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

۳-۲-۷- ویژگی‌های مدل جاذبه

پایه اثبات ریاضی مدل جاذبه استفاده از بیشینه‌سازی آنتروپی است بنابراین برخی از خصوصیات مدل جاذبه برخاسته از آنتروپی است. مهم‌ترین مزایای مدل‌های جاذبه عبارتند از:

- سفرها را نسبت به مدل‌های رشد، منطقی‌تر توزیع می‌کند.
- جذابیت نواحی را برای توزیع سفرها در نظر می‌گیرد.
- رابطه منطقی بین مبدأ و مقصدها را در نظر می‌گیرد.
- توزیع سفرها بین نواحی، با توجه به حساسیت مسافران نسبت به یک تابع مقاومت سفر (تابع هزینه عمومی) به دست می‌آید. لذا مدل توزیع نسبت به سیاست‌گذاری‌هایی که این تابع را تغییر دهند، حساس خواهد بود. این مسئله در ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضا بسیار مؤثر و مفید خواهد بود.
- ویژگی‌های ریاضیاتی این مدل (مدل جاذبه منتج از آنتروپی) نسبت به سایر مدل‌ها مستدل‌تر است؛ مثلاً تابع هدف همیشه محدب است و محدودیت‌های آن فضای جواب مناسب را (در مورد مسئله توزیع سفر) فراهم می‌آورند و بنابراین همواره به جوابی یکتا دست می‌یابیم.
- چهارچوب مدل‌سازی آن قابل برنامه‌نویسی است.
- با توجه به مبانی تئوریک به کار رفته در مدل جاذبه، تفسیر جواب‌های به دست آمده منطقی‌تر خواهد بود.

نواقص یا نکات مورد توجه در مدل‌های جاذبه عبارتند از:

- اجرای یک مدل جاذبه (مخصوصاً در حالت دو قیدی) وقت‌گیر است و برای حدس پارامتر β روند منطقی وجود ندارد و از روش‌های مرسوم (برازش منحنی) نیز نمی‌توان استفاده کرد؛ زیرا مدل علاوه بر این که غیرخطی است پیچیدگی محاسباتی در سطح تحلیل نیز وجود دارد.
- ویژگی‌های رفتاری را در توضیح این که چگونه مسافران مقاصد خود را انتخاب می‌کنند نادیده می‌گیرد.
- استفاده از ضریب K_{ij} برای تصحیح نتایج به دست آمده با به کارگیری f_{ij} در مقایسه با مقادیر مشاهده شده در سال پایه به دو دلیل مشکل آفرین است:
- تفسیر نتایج حاصله از به کارگیری K_{ij} مشکل است، و
- گاهی اعتبار این ضرایب برای سال افق مورد تردید است.

	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			
	صفحه ۱۵	ویرایش	گزارش	
	تاریخ	۰۱	۰۳	
۱-۳-۴- توزیع سفر		مرداد ماه ۱۴۰۱		

۳-۳-۳- مروری بر مدل‌های توزیع سفر در مطالعات جامع سایر شهرهای کشور

۳-۳-۳-۱- نوع مدل‌های استفاده شده

مدل‌های استفاده شده در اغلب شهرهای کشور، از نوع مدل رشد فراتر بوده است. در مطالعات شهر تهران، پرداخت مدل‌های توزیع سفر، در یک گزارش مجزا ارایه شده است اما در مطالعات مشهد ۱۳۷۳ و شیراز، پرداخت مدل‌های توزیع سفر، تحت عنوان برآورد تقاضای سفر برای افق کوتاه‌مدت ارایه شده نه به صورت یک گزارش مجزا.

در مطالعات جامع حمل و نقل اصفهان اشاره مستقیمی به مدل‌های استفاده شده برای توزیع سفر نشده است ولی با توجه به سابقه مشاور به نظر می‌رسد در این شهر نیز از مدل توزیع سفر فراتر دو بعدی استفاده شده باشد.

در مطالعات تهران، از مدل‌های رشد فراتر دو بعدی و سه بعدی استفاده شده است. در مدل‌های رشد فراتر سه بعدی، محدودیت‌های تولید، جذب و طول سفر (فاصله هوایی) در نظر گرفته شده است. با این وجود، به دلیل وجود تفاوت اندک میان نتایج حاصل از این دو روش و درعین حال پیچیدگی‌های بیشتر روش رشد فراتر سه بعدی، در نهایت در مطالعات شهر تهران و سایر شهرها از مدل رشد فراتر دوبعدی استفاده شده است. در مطالعات شهرهای ارومیه، اراک، بهنگام‌سازی طرح جامع حمل و نقل و ترافیک مشهد، زاهدان، یزد و کرمان، جزیره کیش و گرگان از مدل جاذبه برای توزیع سفرها استفاده شده است.

۳-۳-۳-۲- نحوه ارزیابی مدل

در مطالعات شهرهای اصفهان، شیراز و مشهد به نحوه ارزیابی مدل‌های توزیع سفر اشاره‌ای نشده است. اما در مطالعات شهر تهران، با رسم نمودار فراوانی سفرهای مبدأ- مقصد بر حسب فاصله هوایی میان مبدأ و مقصد سفر، در دو وضعیت مشاهده و برآورد در سال پایه، نحوه کارکرد مدل توزیع سفر در هر دو روش دوبعدی و سه بعدی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در مطالعات شهرهای زاهدان و یزد، از ضریب k برای همانندسازی مشاهده و برآورد توزیع سفرهای ناحیه ای در سال پایه استفاده شده است و سپس همین ماتریس ضرایب برای سال افق نیز به کار رفته که در این صورت، عملکرد مدل جاذبه را در حد یک مدل فراتر دو قیدی کاهش می‌دهد و شیوه‌ی صحیحی نیست. در مطالعات شهرهای ارومیه، اراک و بهنگام‌سازی مشهد، ضمن ترسیم فراوانی طول سفرها در وضعیت مشاهده سال پایه و برآورد مدل، عملکرد صحیح بررسی شده است. مطالعات حاضر نیز از همین شیوه استفاده خواهد کرد که بر پایه‌ی اصول علمی و روش‌های مرسوم دنیا قرار دارد.

 وزارت راه و ترابری ایران	صفحه ۱۶	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

۴- مروری بر نحوه پرداخت و اعتبارسنجی مدل جاذبه

ارزیابی کلی مدل‌های مختلف مورد استفاده برای توزیع سفر در مطالعات قبلی شهرهای مختلف دنیا، نشان می‌دهد مدل‌های جاذبه به دلیل توجه به تغییرات نواحی ترافیکی، کاربرد بسیار بیشتری داشته‌اند. هر چند تجربه استفاده از این مدل در کشور بسیار محدود است، اما فواید آن (مثلاً حساس بودن نسبت به پارامترهای شبکه) در برآورد توزیع سفرهای سال‌های افق، منجر شده در اغلب مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک متأخر، استفاده از آن مدنظر قرار گیرد. بنابراین در ادامه به بررسی برخی اصول کلی واسنجی و اعتبارسنجی مدل‌های جاذبه در کتب و نشریات معتبر پرداخته می‌شود.

۴-۱- نحوه پرداخت و ارزیابی مدل جاذبه

در پرداخت و ارزیابی مدل توزیع اغلب موارد زیر مدنظر قرار می‌گیرد [۴]:

۱- مقایسه‌ی توزیع فراوانی طول سفرها (TLFD) برای اهداف مختلف سفر،

۲- مقایسه متوسط زمان سفر، و

۳- ارزیابی تبادل سفرها از یک محدوده مشخص (مثلاً CBD) به سایر محدوده‌ها.

برای به دست آوردن TLFD و تخمین مناسب از آن (چه بر حسب فاصله و چه بر حسب زمان)، می‌توان از اطلاعات سفر خانوار استفاده کرد. این TLFDها برای هر هدف سفر به‌طور مجزا به دست می‌آیند و استفاده از یک نمونه کوچک (حتی در حدود ۵۰۰ خانوار) می‌تواند تخمین مناسبی برای TLFDهای مربوط به مقاصد مختلف سفرهای بین نواحی درونی به دست دهد.

خروجی‌های اصلی و قابل کنترل مدل توزیع عمدتاً طول سفر و جهت آن (از اطراف شهر به CBD و از CBD به اطراف) و مقادیر ترافیک و حجم مسافران بین مبادی و مقاصد مختلف شبکه است، زیرا نتایج همین مدل توزیع است که پس از تفکیک وسیله‌های سفر، بر شبکه تخصیص می‌یابد تا میزان تقاضای سفر مرتبط با وسایل نقلیه مختلف (همگانی و شخصی) به دست آید [۵].

۴-۲- تعیین مقادیر مقاومت سفر

یکی از ورودی‌های مهم برای ساخت مدل جاذبه، ماتریس مقاومت سفر است. در حقیقت، مقاومت سفر نشان‌دهنده‌ی فواصل نواحی است که بر اساس مسیرهایی با کوتاه‌ترین زمان سفر بین هر مبدأ و مقصد به

 دانشگاه شیراز	صفحه ۱۷	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

دست می‌آیند. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، برخی از مدل‌ها نیز به جای زمان سفر از هزینه عمومی سفر^۱ که به نوعی از تبدیل زمان سفر کمان‌های شبکه به هزینه‌ی پولی و ترکیب آن‌ها با سایر هزینه‌های سفر مربوط به شبکه (از قبیل مخارج بهره‌برداری، نگهداری، پارکینگ و عوارض) به دست می‌آید، استفاده می‌کنند.

در مناطقی که خدمات حمل و نقل همگانی کمی داشته باشند می‌توان مقاومت سفرها را تنها بر اساس زمان سفر در شبکه خیابانی محاسبه کرد؛ اما در مناطقی که خدمات حمل و نقل همگانی گسترده‌ای دارند بهتر است از مقاومت ترکیبی^۲ استفاده کرد، تا از این طریق نقش ترکیبی تمام وسایل سفر در توزیع سفرهای بین نواحی لحاظ گردد. یکی از مزایای این رویکرد تغییر الگوی پراکنش سفرها به هنگام تغییر یا بهبود وضعیت حمل و نقل همگانی است، به عبارت دیگر از این طریق می‌توان میزان تغییرات را در صورت ارایه پیشنهادها و سناریوهای مختلف جدید در خصوص حمل و نقل همگانی به روشنی مشاهده کرد. زمان سفر با حمل و نقل همگانی به چند بخش جداگانه تقسیم‌بندی می‌شود که عبارتند از: پیاده‌روی یا رانندگی تا ایستگاه، انتظار برای سوار شدن، زمان حرکت در درون وسیله و انتقال از یک خط به خط دیگر. هزینه‌های حمل و نقل همگانی عمدتاً از دید مسافر بیان می‌شود که همان کرایه پرداخت شده توسط مسافر است.

نحوه‌ی محاسبه‌ی سهم مقاومت شبکه راه‌ها بدین صورت است که زمان سفر یا هزینه سفر در مسیر با کم‌ترین مقاومت بین یک زوج مبدأ- مقصد معین، به عنوان مقاومت آن در نظر گرفته می‌شود. هزینه سفر در مسیر مورد نظر می‌تواند شامل مواردی از قبیل زمان، فاصله، عوارض و یا ترکیبی از آن‌ها باشد که این مقادیر نهایتاً می‌بایست با زمان سفر درون ناحیه‌ای در دو سر سفر (نواحی مبدأ و مقصد) جمع شوند.

در مراجع قدیمی، برای محاسبه‌ی زمان سفر مسیرهای بین دو ناحیه، از جداول ثابت از پیش ساخته شده‌ای که بر اساس نوع راه و نوع کاربری تدوین شده بود استفاده می‌شود. این جداول سرعت یک راه با درجه خاص را، که در یک ناحیه مشخص واقع است، معلوم می‌ساختند تا بدین وسیله امکان محاسبه‌ی زمان سفر در یک مسیر شامل مجموعه‌ای از کمان‌های (راه‌ها) فراهم شود. لازم به ذکر است که روش مذکور تنها برای یک تخمین اولیه مناسب است و در صورتی که هدف، محاسبه‌ی دقیق‌تر زمان سفرها باشد می‌توان از بازخورد نتایج تخصیص و احجام کمان‌ها و زمان واقعی سفر با توجه به تراکم ترافیک به صورت دقیق استفاده کرد.

یکی دیگر از عوامل مقاومت سفر، زمان‌های پایانی^۳ (زمان صرف شده برای سفر از درون وسیله نقلیه پس

^۱ Generalized Cost

^۲ Composite Impedance

^۳ Terminal Times

	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			
	صفحه ۱۸	گزارش	ویرایش	
	تاریخ	۰۳	۰۱	
۱-۳-۴- توزیع سفر		مرداد ماه ۱۴۰۱		

از رسیدن به مقصد در روی شبکه تا مقصد نهایی یا از مبدأ اصلی تا مبدأ روی شبکه) در درون نواحی ترافیکی است. معمولاً زمان پایانی بر اساس نوع کاربری^۱ ناحیه ترافیکی تعیین می‌شود و می‌تواند به عنوان قسمتی از فرآیند پرداخت مدل توزیع سفر به کار برده شود تا از این طریق طول سفرهای میانگین به دست آمده از مدل همخوانی بیشتری با طول سفرهای میانگین مشاهده شده داشته باشد.

دو دسته زمان پایانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد؛ یکی زمان پایانی در سر خانه سفر خانه مبنا (خود خانه) و دیگری سر غیرخانه سفر که همان سر سفر در ناحیه جاذب سفر است. نمونه‌ای از زمان‌های پایانی اولیه که در مراجع معتبر مورد اشاره قرار گرفته، در جدول ۴-۱ آمده است. مقادیر موجود در جدول که مرتبط به سر مولد سفر هستند به مبدأ سفر اضافه می‌شوند و مقادیر مرتبط به سر جاذب به مقصد سفر اضافه می‌شود.

جدول ۴-۱- زمان‌های پایانی (بر حسب دقیقه) [۴]

Area Type	سر مولد سفر	سر جاذب سفر
Urban	۲	۴
Suburban	۱	۲
Rural	۱	۱

یک نکته مهم در ساخت مدل‌های توزیع سفر این است که طول سفرهای غیرکاری از سفرهای کاری کوتاه‌تر است و به‌طور کلی می‌توان گفت که یک صفت با اهمیت در توزیع سفرها، کاری یا غیرکاری بودن آن‌ها است که ممکن است روی ماتریس یا تابع مقاومت سفر مؤثر باشد.

۴-۳- آزمون‌های اعتبارسنجی مدل جاذبه

چهار گام اساسی زیر را می‌توان برای تعیین اعتبار مدل‌های جاذبه برای توزیع سفرهای سال‌های افق به کار گرفت [۵]:

۱- مقایسه‌ی طول میانگین سفرها برای اهداف مختلف؛ بهترین روش اعتبارسنجی مدل‌های توزیع سفر که مرحله‌ای از پرداخت نیز هست، مقایساتی است که بین طول سفرهای به دست آمده از سفرهای مشاهده و برآورد به دست می‌آید. به‌گونه‌ای که میانگین طول سفرهای مشاهده شده می‌بایست کمتر از ۵ درصد با میانگین طول سفرهای مدل شده اختلاف داشته باشد. لازم به ذکر است که هرگاه هزینه

^۱ Area type

عمومی به کار رفته در تابع مقاومت ترکیبی از اجزای مختلف باشد، باید میانگین طول سفرها و TLFD برای هر یک از اجزا به تنهایی نیز کنترل گردد.

۲- مقایسه‌ی طول سفرها برای هر هدف سفر با توجه به نوع ناحیه. البته طول سفرها در این مورد با توجه به سفرهای جذب شده و تولید شده (P, A) در یک نوع ناحیه مشخص، مطرح است.

۳- کنترل میزان تطابق TLFD حاصل از مشاهده و برآورد بر اساس اهداف مختلف سفر و در بازه‌های زمانی مختلف؛ یکی از راه‌های کنترل در این باره می‌تواند بررسی هماهنگی پراکنش طول سفرها به صورت چشمی باشد. البته روش کمی محاسبه ضریب تطابق^۱ نیز وجود دارد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

۴- ترسیم نمودار ضرایب مقاومت؛ اگر مدل مورد استفاده از نوع جاذبه باشد، ترسیم نمودار ضرایب مقاومت برای اهداف مختلف می‌تواند اطلاعات خوبی در مورد میزان حساسیت مسافران نسبت به مقاومت سفرها به دست دهد. به عنوان مثال، حساسیت مسافران نسبت به مقاومت سفر در سفرهای کاری پایین و در سفرهای غیرکاری بیشتر است.

۴-۴- ضریب تطابق

یک روش معمول برای تعیین ضریب تطابق بین دو توزیع طول سفر، محاسبه سطح مشترک منحنی‌های TLFD آن‌ها است، بدین ترتیب که مجموع سفرهای با مقدار کمتر (از بین دو منحنی مشاهده و برآورد TLFD) برای یک طول سفر مشخص T بر مجموع سفرهای با مقدار بیشتر (از بین دو منحنی مشاهده و برآورد TLFD) در همان طول سفر T تقسیم شده و ضریب تطابق با توجه به میزان درصد سطح زیر منحنی تطابق در دو TLFD تعیین می‌شود [۵]:

$$Coincidence = \text{Sum}\{\min(\text{count}_{+T} / \text{count}_{+}, \text{count}_{-T} / \text{count}_{-})\}$$

$$Total = \text{Sum}\{\max(\text{count}_{+T} / \text{count}_{+}, \text{count}_{-T} / \text{count}_{-})\}$$

رابطه ۱-۴

$$Coincidence \text{ Ratio} = Coincidence / total$$

که در آن:

$$Count_{+T} = \text{مقدار برآورد TLFD در زمان (طول سفر) } T$$

$$Count_{+} = \text{تعداد کل سفرهای تخمینی}$$

$$Count_{-T} = \text{مقدار مشاهده TLFD در زمان (طول سفر) } T$$

$$Count_{-} = \text{تعداد کل سفرهای مشاهده شده}$$

^۱ Coincidence Ratio

 دانشگاه شیراز	صفحه ۲۰	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

میزان ضریب تطابق عددی بین $[0,1]$ خواهد بود، که مقدار صفر عدم تطابق کامل و مقدار ۱ تطابق کامل دو توزیع را نشان می‌دهد.

در صورتی که در توزیع طول سفرها اختلاف اساسی بین مقادیر مشاهده و برآوردی دیده شود، مشکل را می‌توان در دو چیز جستجو کرد:

- عدم هماهنگی بین مقادیر تولید و جذب (بالانس نشدن صحیح آن‌ها)،
- خیلی زیاد یا خیلی کم بودن مقادیر مقاومت سفر.

تمام موارد فوق برای کنترل مدل توزیع در سطح منطقه‌ای است، در صورتی که مدل توزیع مناسب، باید برای دسته کوچک‌تر نواحی نیز کنترل شود که در این خصوص می‌توان به موارد زیر توجه کرد:

- محاسبه‌ی درصد سفرهای درون ناحیه‌ای برای اهداف مختلف سفر؛ این درصدها را می‌توان برای دسته‌های مشخصی از نواحی یا بر اساس مساحت نواحی (مثلاً بین ۱ تا ۲ کیلومتر مربع، بین ۲ تا ۳ کیلومتر مربع و ...) محاسبه کرد.

- مقایسه‌ی تعداد سفرهای انجام شده بین محدوده‌های^۱ مختلف شهری؛ ممکن است توزیع سفرها در مناطق مختلف درست انجام شده باشد (و طول سفرها نیز به درستی محاسبه شده باشد) لیکن تطابق درستی در پراکنش سفرها در مبدأ و مقصدهای موجود در منطقه صورت نگرفته باشد، که در این صورت شمارش سفرهای توزیع شده در محدوده‌های مختلف در منطقه مورد نظر کارساز خواهد بود. به عنوان مثال سفرهای کاری به محدوده CBD شهر می‌تواند مدنظر قرار گیرد. همچنین تعداد سفرهای انجام شده در دو طرف یک مانع طبیعی (مانند رودخانه) می‌تواند یک کنترل مناسب به حساب آید.

- طول سفرها در دسته‌های مختلف کاربران (مسافران) با درآمدها یا مالکیت خودروهای مختلف نیز یک عامل کنترل‌کننده دیگر به حساب می‌آید.

^۱ Districts

	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			
	صفحه ۲۱	ویرایش	گزارش	
	تاریخ	۰۱	۰۳	
	مرداد ماه ۱۴۰۱			

۵- نکات مهم در مدل سازی توزیع سفر

در این بخش، مواردی که در مراحل مختلف توزیع سفرها اهمیت داشته و در این مطالعات در نظر گرفته خواهند شد، بر اساس راهنمای NCHRP365 [۶] برشمرده می شوند.

۱- تولید و جذب سفر (P-A) با مبدأ و مقصد سفر (O-D) تفاوت دارد. برای ساخت مدل تولید، ابتدا باید ماتریس های مبدأ- مقصد مشاهده شده را به بردارهای تولید و جذب تبدیل کرد. به این ترتیب یک بردار تولید سفر و یک بردار جذب سفر حاصل می شود که هر درایه آن، متناظر با یک ناحیه ترافیکی است.^۱

۲- برای این که اطلاعات تولید و جذب و نتایج مرحله توزیع سفر قابل تخصیص بر شبکه باشد، می بایست این اطلاعات مجدداً به شکل ماتریس OD درآیند. البته باید توجه کرد که تبدیل P-A به O-D تنها برای سفرهای خانه مبنا (کاری یا غیرکاری) به کار می رود و در سفرهایی که خانه مبنا نیستند P-A با O-D یکسان خواهد بود.

۳- عوامل اساسی در توزیع سفر، طول سفر و جهت سفرها (اطراف شهر به CBD یا CBD به اطراف شهر) است که باید در ارزیابی و پرداخت مدل ها مدنظر قرار گیرند.

۴- در صورت به کار بردن مدل جاذبه، مدل ها برای هر هدف و کل روز ساخته می شود و مقادیر ساعتی برای اوقات مختلف در روز بر اساس جدول ضرایب یا مدل زمان روز به دست می آید.

۵- در مدل های رشد، عوامل مؤثر بر ضرایب رشد، کاربری زمین و مشخصات اقتصادی- اجتماعی مانند توسعه های جدید شهری یا کاهش بعد خانوارها در مبادی و مقاصد است.

۶- در مطالعات اخیر، استفاده از تابع گاما برای محاسبه ی ضرایب مقاومت بین نواحی توصیه شده است:

$$F_{ij} = \alpha \times t_{ij}^b \times e^{c.t_{ij}} \quad \text{رابطه ۵-۱}$$

که در آن a, b, c ضرایب پرداخت هستند؛ b, c در اغلب موارد منفی می شوند. ضریب a را ضریب شکل می خوانند که می تواند بدون تغییر توزیع سفر مقادیر مختلفی به خود بگیرد. درعین حال، در بسیاری موارد با صفر قرار دادن مقدار b ، از شکل زیر برای تابع مقاومت سفر استفاده شده است:

$$F_{ij} = \alpha \times e^{c.t_{ij}} \quad \text{رابطه ۵-۲}$$

۷- در مناطقی که از سیستم حمل و نقل عمومی به صورت گسترده استفاده می شود می توان از ضرایب

^۱ برای این منظور، ماتریس سفرهای خانه- ابتدا با ترانهاده ماتریس سفرهای خانه- انتها جمع می شود تا ماتریس تولید- جذب به دست آید. مجموع سطری سطری بردار جذب سفر و مجموع ستونی بردار تولید سفر را به دست خواهد داد.

	بازبینی و بهنگام سازی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کلان شهر شیراز			
	صفحه ۲۲	ویرایش	گزارش	
	تاریخ	۰۱	۰۳	
	مرداد ماه ۱۴۰۱			

مقاومت سفر ترکیبی بهره برد که در آن‌ها هم زمان سفر در شبکه خیابانی و هم زمان سفر حمل و نقل عمومی دیده می‌شود.

۸- از جمله پارامترهایی که در مقاومت سفر بین نواحی دیده می‌شود عبارتند از: زمان سفر، فاصله و عوارض در مسیرهای بین نواحی.

۹- در بسیاری از مطالعات، از زمان سفر آزاد برای محاسبه مقاومت سفر بین نواحی استفاده شده، در صورتی که در مطالعات اخیر استفاده از سرعت در حالت تراکم شبکه و به کارگیری کوتاه‌ترین مسیرها از این طریق، رو به ازدیاد است.

۱۰- ماتریس زمان سفر در بسیاری از نرم‌افزارها برای سفرهای بین ناحیه‌ای^۱ قابل محاسبه است. این نرم‌افزارها زمان سفر درون^۲ ناحیه‌ای را محاسبه نمی‌کنند. از طرفی کار مدل توزیع تنها پخش سفر بین نواحی نیست بلکه تعداد سفرهای مانده در یک ناحیه را نیز به دست می‌دهد، بنابراین محاسبه زمان سفرهای درون ناحیه‌ای اهمیت می‌یابد. سرعت درون ناحیه‌ای در مناطق مرکزی (CBD) و غیر آن را می‌توان به ترتیب ۱۰ و ۲۰ کیلومتر در ساعت فرض کرد.

۱۱- برای تشکیل ماتریس زمان سفر بین نواحی می‌بایست زمان پایانی^۳ را به زمان به دست آمده از شبکه اضافه کرد. زمان پایانی عموماً تابعی از جمعیت، چگالی شاغلان ناحیه یا محدوده‌ی ترافیکی است.

۱۲- در صورتی که در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار بتوان نمودار فراوانی طول سفرها را ترسیم کرد، می‌توان ضرایب و توابع مقاومت سفر را با آن پرداخت کرد، در غیر این صورت باید از مدل‌های موجود و تخمین سرعت در نواحی و معابر مختلف استفاده شود.

۱۳- توابع مقاومت سفر به‌طور مستقیم بر طول سفرها تأثیر دارند و بنابراین هر چه محاسبه‌ی این توابع بهتر صورت گیرد، میانگین طول سفرها صحیح‌تر برآورد خواهد شد. یک نکته مهم در اینجا، شیب تابع مقاومت سفر است. که هر چه کاهش آن نسبت به طول سفرها سریع‌تر باشد میانگین طول سفرها کوتاه‌تر می‌شود.

۱۴- در صورتی که قرار باشد یک ناحیه (Area) به نواحی ریزتر تبدیل شده و توزیع سفرها در نواحی ریزتر بررسی شود می‌توان مطابق مراحل ذیل عمل کرد:

^۱ Inter - Zonal

^۲ Intra - Zonal

^۳ Terminal Time

 شهرای شیراز	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			صفحه ۲۳	 دانشگاه شیراز	
	۱-۳-۴- توزیع سفر		ویرایش	گزارش		تاریخ
			۰۱	۰۳		مرداد ماه ۱۴۰۱

الف: محاسبه‌ی میزان تولید و جذب سفر برای نواحی جدید با استفاده از اطلاعات اقتصادی- اجتماعی مربوط به هر زیر ناحیه.

ب: محاسبه‌ی سهم (درصد) تولید و جذب هر زیر ناحیه از کل ناحیه محاط به آن.

ج: محاسبه‌ی درصد تبادل سفر بین زیرناحیه‌های جدید از حاصل ضرب درصد تولید هر زیر ناحیه مربوط به ناحیه مولد سفر در درصد جذب زیرناحیه‌های مربوط به ناحیه جاذب سفر.

د: محاسبه‌ی میزان تبادل سفر بین زیرناحیه‌های جدید از حاصل ضرب تعداد سفر تبادل شده در ناحیه مولد و جاذب اصلی در درصد به دست آمده از مرحله (ج) برای تبادل سفرهای زیرنواحی جدید.

 دانشگاه شیراز	صفحه ۲۴	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

۶- روش ساخت و پرداخت مدل جاذبه برای شهر شیراز

۶-۱- گام‌های کلی کالیبراسیون و ارزیابی مدل جاذبه

مطابق آنچه در بخش‌های قبل در مورد ساخت مدل‌های توزیع و پرداخت آن‌ها گفته شد، گام‌های زیر برای فرآیند ایجاد مدل مناسب توزیع دنبال می‌شود. لازم به ذکر است که در هر گام رعایت نکات توضیح داده شده در بندهای قبل مورد نظر خواهد بود.

گام ۱- تعیین اهداف سفر مناسب و همخوان با اهداف تعیین شده برای مدل توزیع سفر؛

گام ۲- محاسبه پارامترهای تابع مقاومت سفر F_{ij} که برای آن در مرحله اول از تابع گاما استفاده خواهد

شد:

$$F_{ij} = a \times t_{ij}^b \times e^{c \cdot t_{ij}} \quad \text{رابطه ۶-۱}$$

که در آن:

a, b, c = ضرایب پرداخت مدل،

t_{ij} = هزینه سفر بین i, j (هزینه سفر می‌تواند برحسب زمان، مسافت یا پول بیان شود).

در این تابع، زمان‌های درون ناحیه‌ای عبارتند از زمان سفر بین مراکز نواحی تا مرز ناحیه که از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۶]:

$$t_{ii} = 0.5 \times 60 \times \sqrt{\text{Area}_i / \text{Speed}_i} \quad \text{رابطه ۶-۲}$$

که در آن:

Area_i = مساحت ناحیه i ، m^2

Speed_i = سرعت در ناحیه i (۱۰ kph برای CBD و ۲۰ kph برای خارج CBD)

t_{ii} = زمان سفر درون ناحیه‌ای بر حسب دقیقه

زمان سفر پایانی (مرکز شهر و خارج مرکز شهر) نیز مطابق جدول زیر محاسبه می‌شود:

ردیف	نواحی مرکز شهر	زمان پایانی
۱	۱ تا ۷۲ و ۸۶ و ۸۷ و ۸۹ تا ۹۵ و ۱۰۱ تا ۱۰۵ و ۱۵۴	۴ دقیقه
۲	سایر نواحی	۲ دقیقه

گام ۳- توزیع سفرها با استفاده از مدل جاذبه با رابطه زیر:

$$T_{ij} = P_i \left[\frac{A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_k A_k F_{ik} K_{ik}} \right] \quad \text{رابطه ۳-۶}$$

به دلیل ابعاد شهر و رشد آن در آینده مطابق توصیه متن‌های مدل‌سازی تقاضای سفر (مثلاً [۱] و [۷]) و با توجه به تغییرات نامعین در آینده، ضرایب k در مدل برابر با ۱ فرض می‌شود.

گام ۴- استفاده از روش فرنس برای بالانس ماتریس در ابعاد تولید و جذب سفر.

گام ۵- کنترل موارد زیر برای ارزیابی صحت نتایج به دست آمده:

الف: میانگین طول سفرها برای هر هدف

ب: مقایسه تعداد سفرها بین محدوده‌های^۱ مختلف شهر شیراز

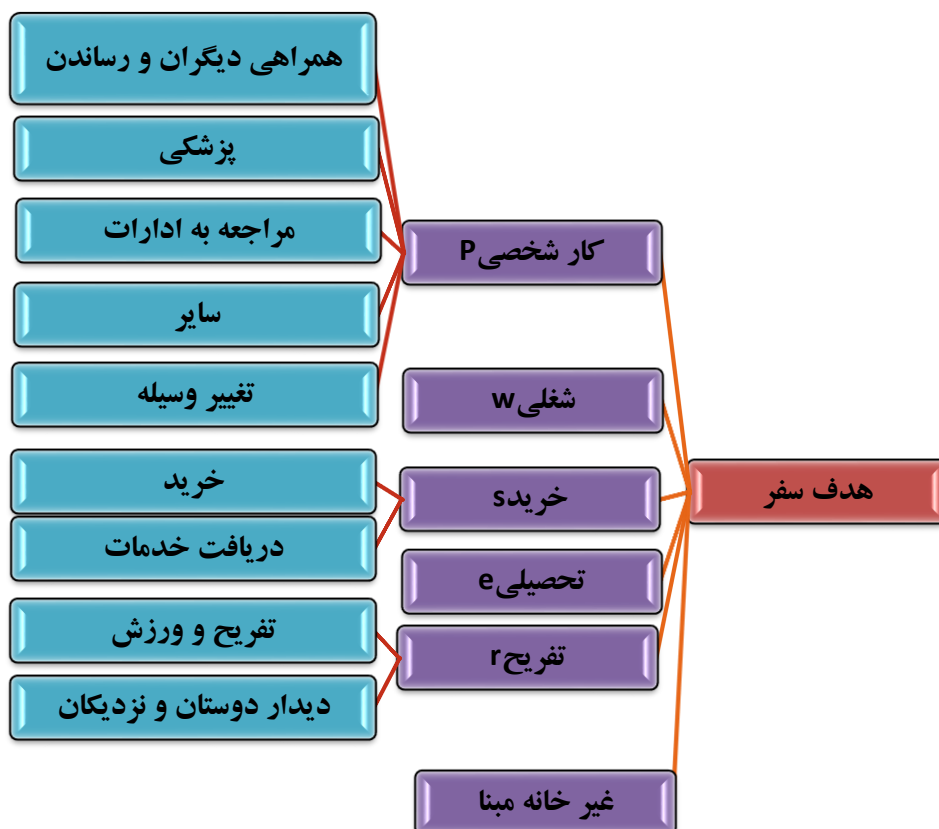
گام ۶- اگر موارد کنترل شده در گام ۵ همگی قابل قبول باشند مدل مورد نظر حاصل آمده است و گرنه

به گام ۲ رفته و تابع مقاومت را بهبود یا تغییر دهید.

برای ساخت مدل‌های توزیع سفر از اهداف سفر تعیین شده برای ساخت مدل‌های تولید و جذب استفاده شده است. این اهداف در دو دسته خانه مبنا و غیرخانه مبنا قرار می‌گیرند. سفرهای غیرخانه مبنا (NHB)، برای تمامی اهداف تنها در قالب یک مدل توزیع دیده می‌شوند، ولی سفرهای خانه مبنا به اهداف شغلی (Work)، تحصیلی (Education)، خرید (Shop)، تفریحی (Recreation)، و کار شخصی (Personal) دسته‌بندی می‌شوند. شکل ۶-۱ دسته‌بندی نهایی اهداف را نشان می‌دهد.

^۱ Districts

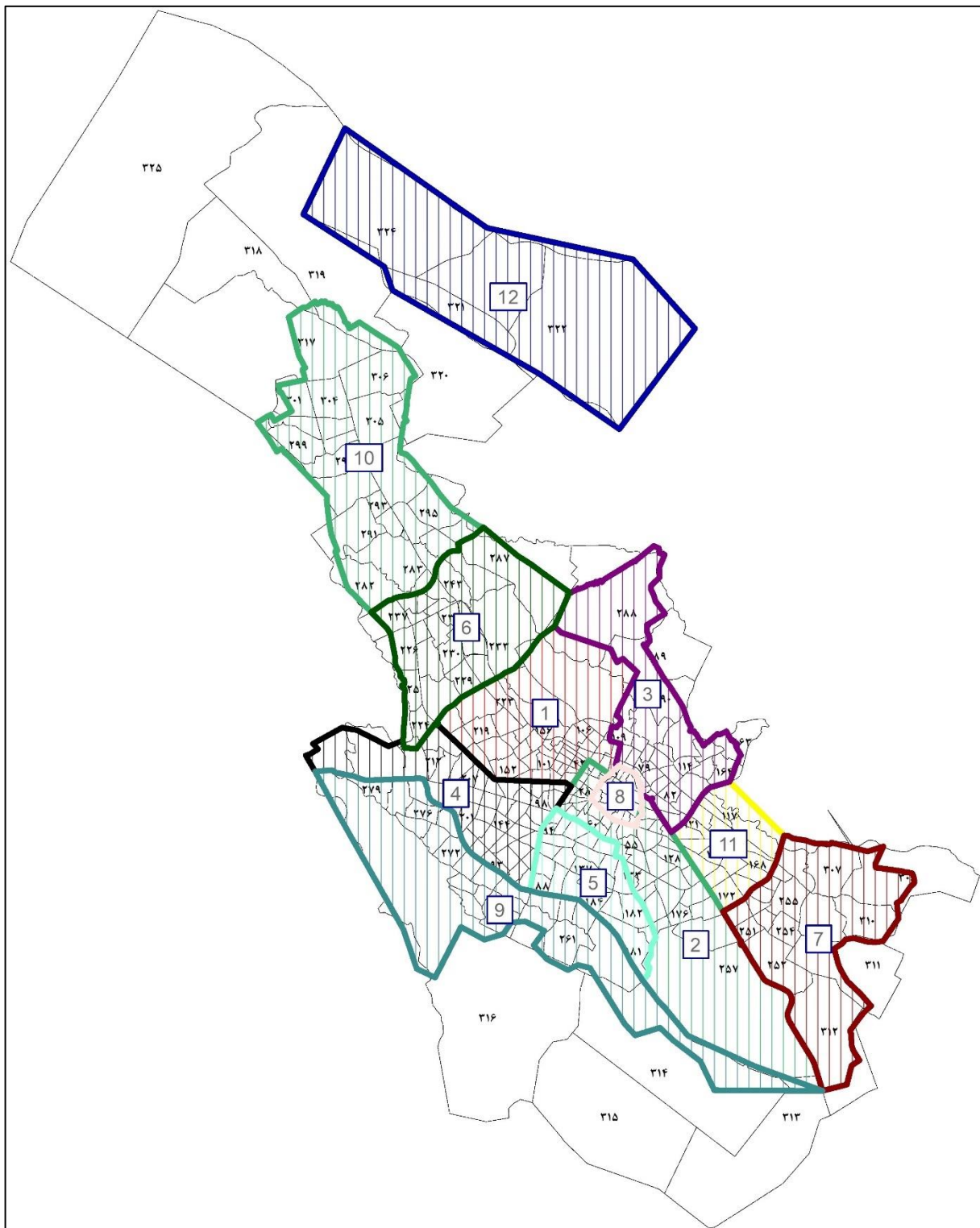
	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			
	صفحه ۲۶	ویرایش	گزارش	
	تاریخ	۰۱	۰۳	
۱-۳-۴- توزیع سفر		مرداد ماه ۱۴۰۱		



شکل ۶-۱- دسته‌بندی اهداف سفر شهر شیراز

برای ارزیابی وضعیت فعلی توزیع سفرها، خطوط تمایل سفر بین بزرگ‌ناحیه بهترین گزینه است. در شکل ۶-۲ بزرگ‌ناحیه‌های در نظر گرفته شده برای شهر شیراز و در شکل ۶-۳ تا شکل ۶-۸ خطوط تمایل سفر اهداف مختلف نمایش داده شده است.

 دانشگاه شیراز	صفحه ۲۷	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		



شکل ۶-۲- تطابق مناطق شهرداری شیراز با نواحی ترافیکی

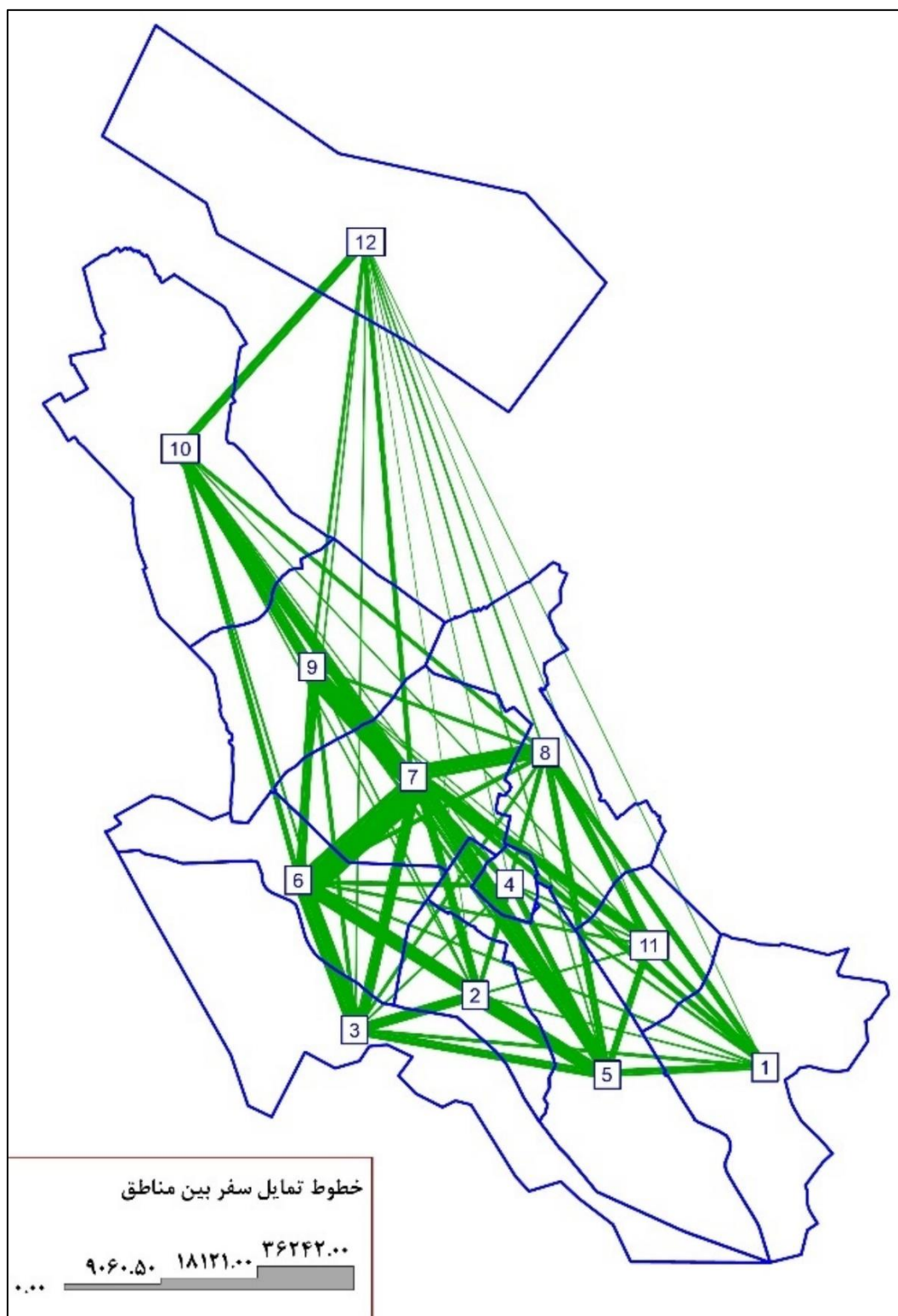
 دانشگاه شیراز	صفحه ۲۸	بازبینی و بهنگام سازی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کلان شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

جدول ۱-۶- تناظر نواحی ترافیکی و مناطق شهرداری

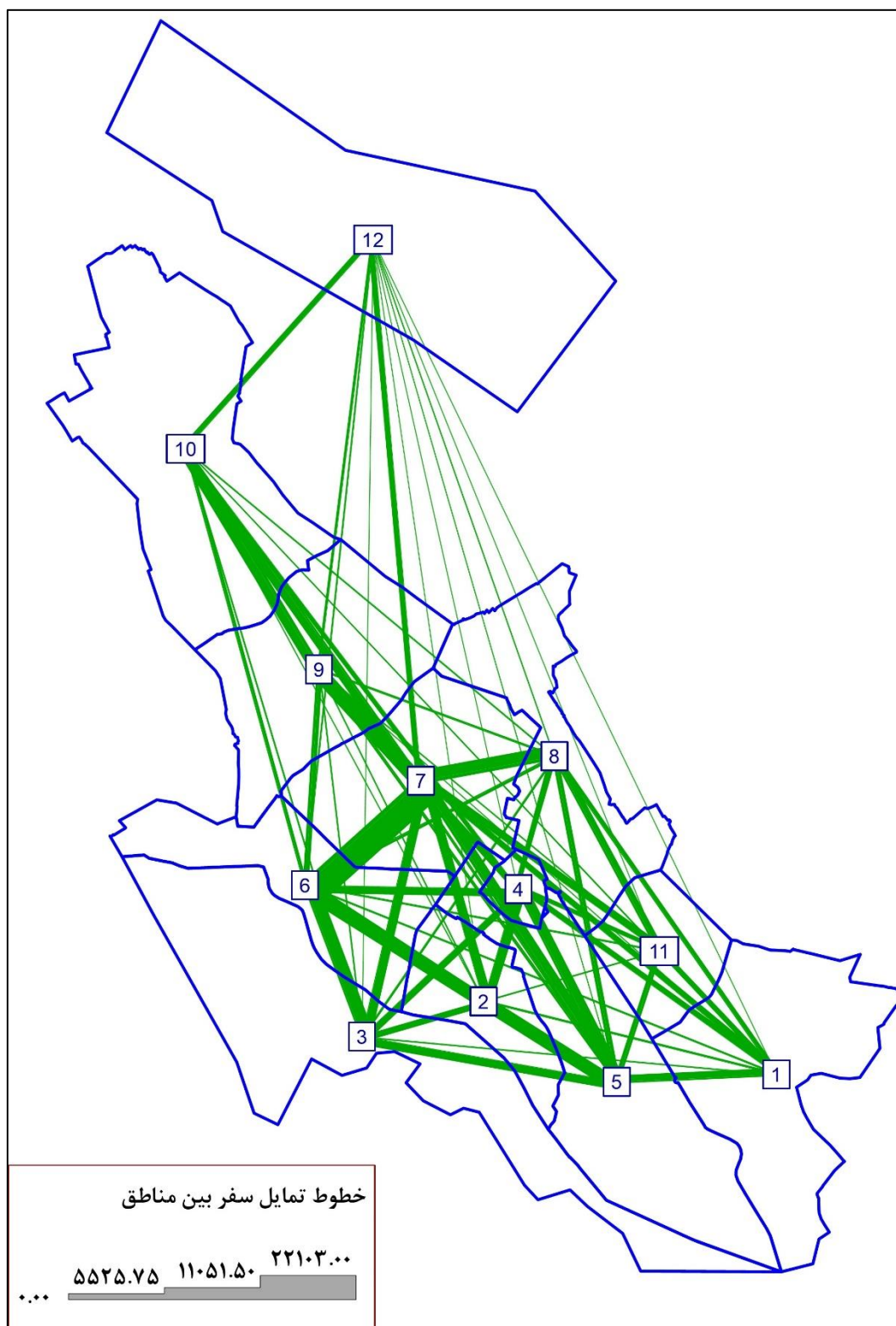
ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه
۱	۸	۳۱	۲	۶۱	۲	۹۱	۵	۱۲۱	۱۱	۱۵۱	۱	۱۸۱	۵
۲	۸	۳۲	۲	۶۲	۲	۹۲	۵	۱۲۲	۱۱	۱۵۲	۱	۱۸۲	۵
۳	۸	۳۳	۱	۶۳	۱	۹۳	۵	۱۲۳	۱۱	۱۵۳	۱	۱۸۳	۵
۴	۸	۳۴	۱	۶۴	۱	۹۴	۵	۱۲۴	۱۱	۱۵۴	۱	۱۸۴	۵
۵	۸	۳۵	۳	۶۵	۲	۹۵	۵	۱۲۵	۱۱	۱۵۵	۱	۱۸۵	۵
۶	۸	۳۶	۳	۶۶	۲	۹۶	۴	۱۲۶	۲	۱۵۶	۱	۱۸۶	۵
۷	۲	۳۷	۳	۶۷	۲	۹۷	۴	۱۲۷	۲	۱۵۷	۱	۱۸۷	۵
۸	۲	۳۸	۳	۶۸	۲	۹۸	۴	۱۲۸	۲	۱۵۸	۱	۱۸۸	۵
۹	۱	۳۹	۱	۶۹	۲	۹۹	۴	۱۲۹	۲	۱۵۹	۱	۱۸۹	۵
۱۰	۸	۴۰	۱	۷۰	۲	۱۰۰	۱	۱۳۰	۲	۱۶۰	۳	۱۹۰	۴
۱۱	۸	۴۱	۱	۷۱	۴	۱۰۱	۱	۱۳۱	۲	۱۶۱	۳	۱۹۱	۴
۱۲	۸	۴۲	۱	۷۲	۴	۱۰۲	۱	۱۳۲	۲	۱۶۲	۳	۱۹۲	۴
۱۳	۸	۴۳	۱	۷۳	۱	۱۰۳	۱	۱۳۳	۲	۱۶۳	۳	۱۹۳	۴
۱۴	۸	۴۴	۱	۷۴	۱	۱۰۴	۱	۱۳۴	۵	۱۶۴	۳	۱۹۴	۴
۱۵	۲	۴۵	۱	۷۵	۱	۱۰۵	۱	۱۳۵	۵	۱۶۵	۳	۱۹۵	۴
۱۶	۲	۴۶	۱	۷۶	۱	۱۰۶	۱	۱۳۶	۵	۱۶۶	۱۱	۱۹۶	۴
۱۷	۸	۴۷	۱	۷۷	۳	۱۰۷	۱	۱۳۷	۵	۱۶۷	۱۱	۱۹۷	۴
۱۸	۸	۴۸	۱	۷۸	۳	۱۰۸	۱	۱۳۸	۵	۱۶۸	۱۱	۱۹۸	۴
۱۹	۸	۴۹	۱	۷۹	۳	۱۰۹	۳	۱۳۹	۵	۱۶۹	۱۱	۱۹۹	۴
۲۰	۸	۵۰	۱	۸۰	۳	۱۱۰	۳	۱۴۰	۵	۱۷۰	۱۱	۲۰۰	۴
۲۱	۸	۵۱	۱	۸۱	۳	۱۱۱	۳	۱۴۱	۵	۱۷۱	۱۱	۲۰۱	۴
۲۲	۸	۵۲	۲	۸۲	۳	۱۱۲	۳	۱۴۲	۴	۱۷۲	۱۱	۲۰۲	۴
۲۳	۸	۵۳	۲	۸۳	۳	۱۱۳	۳	۱۴۳	۴	۱۷۳	۱۱	۲۰۳	۴
۲۴	۸	۵۴	۲	۸۴	۳	۱۱۴	۳	۱۴۴	۴	۱۷۴	۲	۲۰۴	۴
۲۵	۸	۵۵	۲	۸۵	۳	۱۱۵	۳	۱۴۵	۴	۱۷۵	۲	۲۰۵	۴
۲۶	۸	۵۶	۲	۸۶	۲	۱۱۶	۲	۱۴۶	۴	۱۷۶	۲	۲۰۶	۴
۲۷	۲	۵۷	۲	۸۷	۲	۱۱۷	۱۱	۱۴۷	۴	۱۷۷	۲	۲۰۷	۴
۲۸	۲	۵۸	۲	۸۸	۲	۱۱۸	۱۱	۱۴۸	۴	۱۷۸	۲	۲۰۸	۴
۲۹	۲	۵۹	۲	۸۹	۲	۱۱۹	۱۱	۱۴۹	۴	۱۷۹	۲	۲۰۹	۴
۳۰	۲	۶۰	۲	۹۰	۵	۱۲۰	۱۱	۱۵۰	۱	۱۸۰	۲	۲۱۰	۴

ادامه جدول ۱-۶- تناظر نواحی ترافیکی و مناطق شهرداری

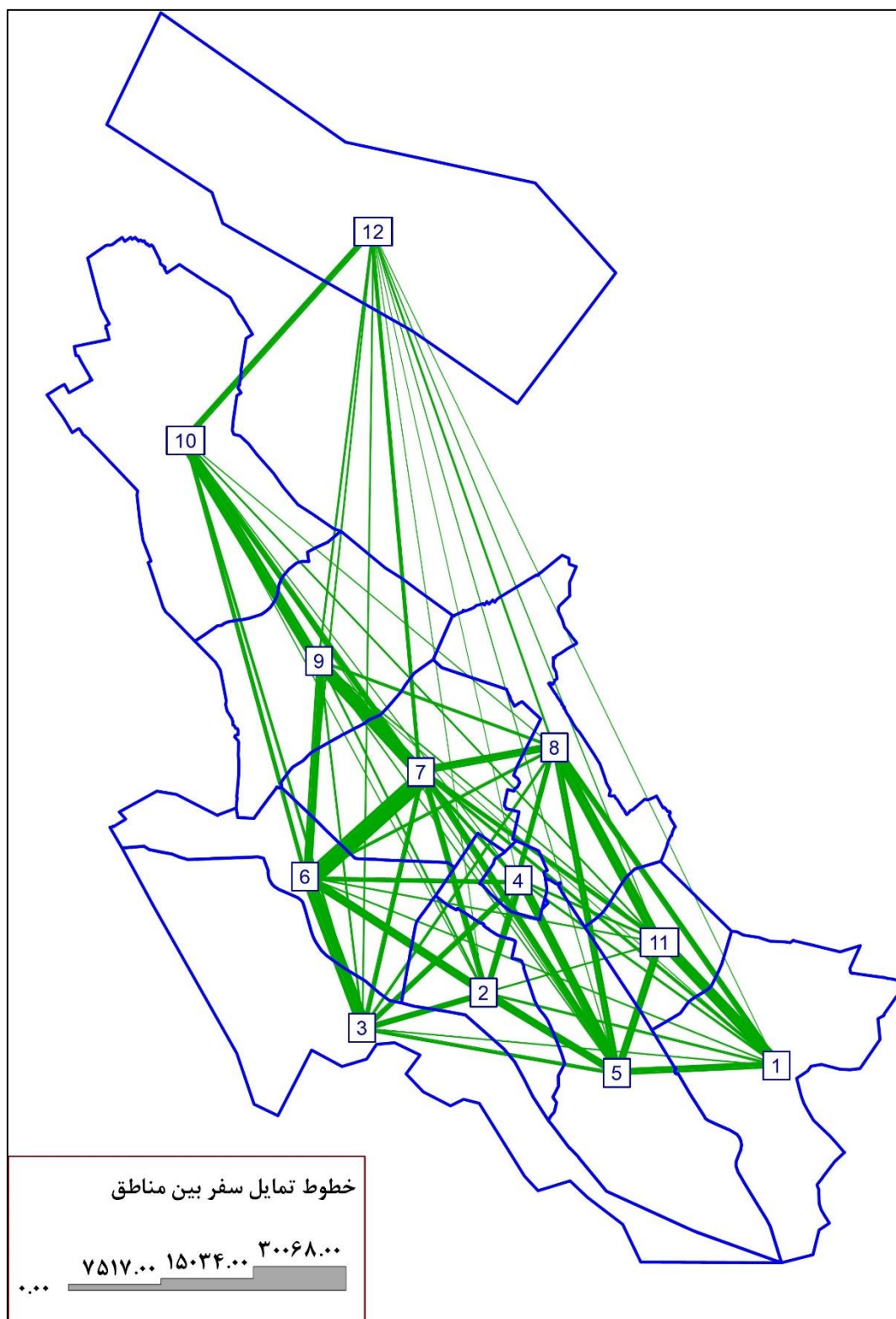
ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه	ناحیه	منطقه
۲۱۱	۴	۲۴۱	۶	۲۷۱	۹	۳۰۱	۱۰
۲۱۲	۴	۲۴۲	۶	۲۷۲	۹	۳۰۲	۱۰
۲۱۳	۴	۲۴۳	۶	۲۷۳	۹	۳۰۳	۱۰
۲۱۴	۱	۲۴۴	۶	۲۷۴	۹	۳۰۴	۱۰
۲۱۵	۱	۲۴۵	۷	۲۷۵	۹	۳۰۵	۱۰
۲۱۶	۱	۲۴۶	۷	۲۷۶	۹	۳۰۶	۱۰
۲۱۷	۱	۲۴۷	۷	۲۷۷	۹	۳۰۷	۷
۲۱۸	۱	۲۴۸	۷	۲۷۸	۹	۳۰۸	۷
۲۱۹	۱	۲۴۹	۷	۲۷۹	۹	۳۰۹	۷
۲۲۰	۱	۲۵۰	۷	۲۸۰	۴	۳۱۰	۷
۲۲۱	۱	۲۵۱	۷	۲۸۱	۴	۳۱۱	۷
۲۲۲	۱	۲۵۲	۷	۲۸۲	۱۰	۳۱۲	۷
۲۲۳	۱	۲۵۳	۷	۲۸۳	۱۰	۳۱۳	۹
۲۲۴	۶	۲۵۴	۷	۲۸۴	۱۰	۳۱۴	۹
۲۲۵	۶	۲۵۵	۷	۲۸۵	۱۰	۳۱۵	۹
۲۲۶	۶	۲۵۶	۲	۲۸۶	۱۰	۳۱۶	۹
۲۲۷	۶	۲۵۷	۲	۲۸۷	۶	۳۱۷	۱۰
۲۲۸	۶	۲۵۸	۹	۲۸۸	۳	۳۱۸	۱۰
۲۲۹	۶	۲۵۹	۹	۲۸۹	۳	۳۱۹	۱۰
۲۳۰	۶	۲۶۰	۹	۲۹۰	۳	۳۲۰	۱۰
۲۳۱	۶	۲۶۱	۹	۲۹۱	۱۰	۳۲۱	۱۲
۲۳۲	۶	۲۶۲	۹	۲۹۲	۱۰	۳۲۲	۱۲
۲۳۳	۶	۲۶۳	۹	۲۹۳	۱۰	۳۲۳	۱۲
۲۳۴	۶	۲۶۴	۹	۲۹۴	۱۰	۳۲۴	۱۲
۲۳۵	۶	۲۶۵	۹	۲۹۵	۱۰	۳۲۵	۱۰
۲۳۶	۶	۲۶۶	۹	۲۹۶	۱۰		
۲۳۷	۶	۲۶۷	۹	۲۹۷	۱۰		
۲۳۸	۶	۲۶۸	۹	۲۹۸	۱۰		
۲۳۹	۶	۲۶۹	۹	۲۹۹	۱۰		
۲۴۰	۶	۲۷۰	۹	۳۰۰	۱۰		



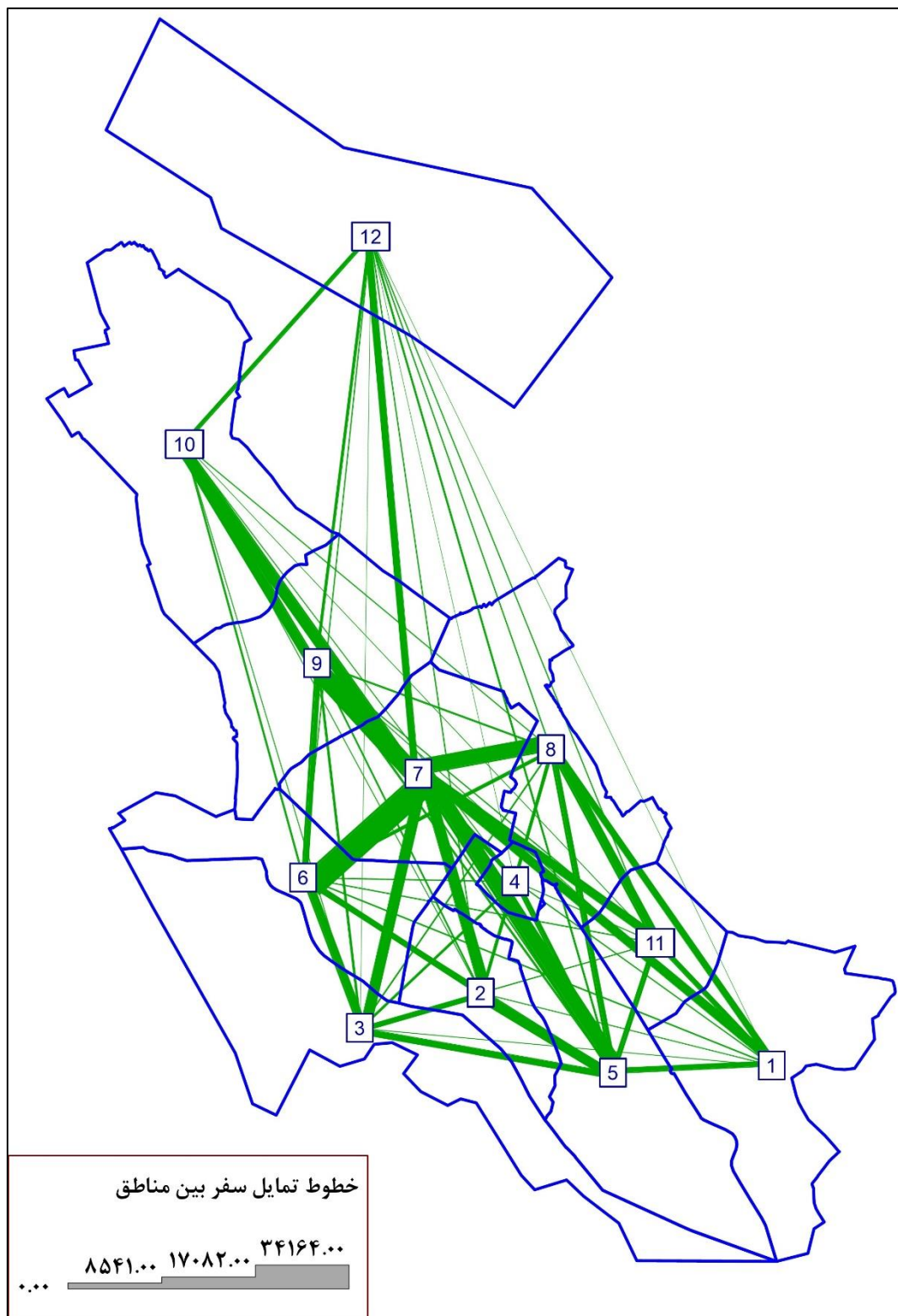
شکل ۶-۳- توزیع سفرهای کاری شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴



شکل ۶-۴- توزیع سفرهای خرید شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴

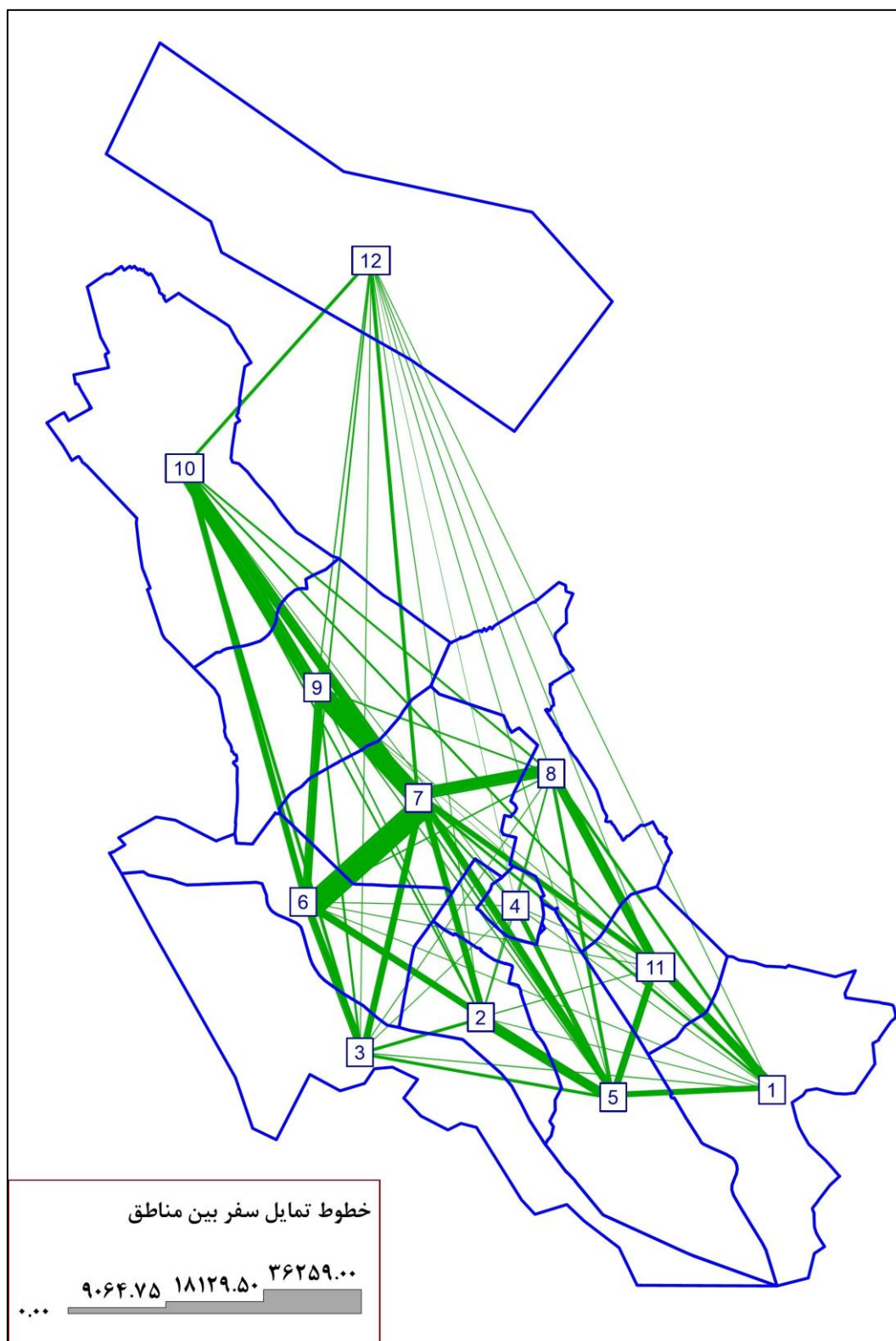


شکل ۶-۵- توزیع سفرهای تفریحی شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴

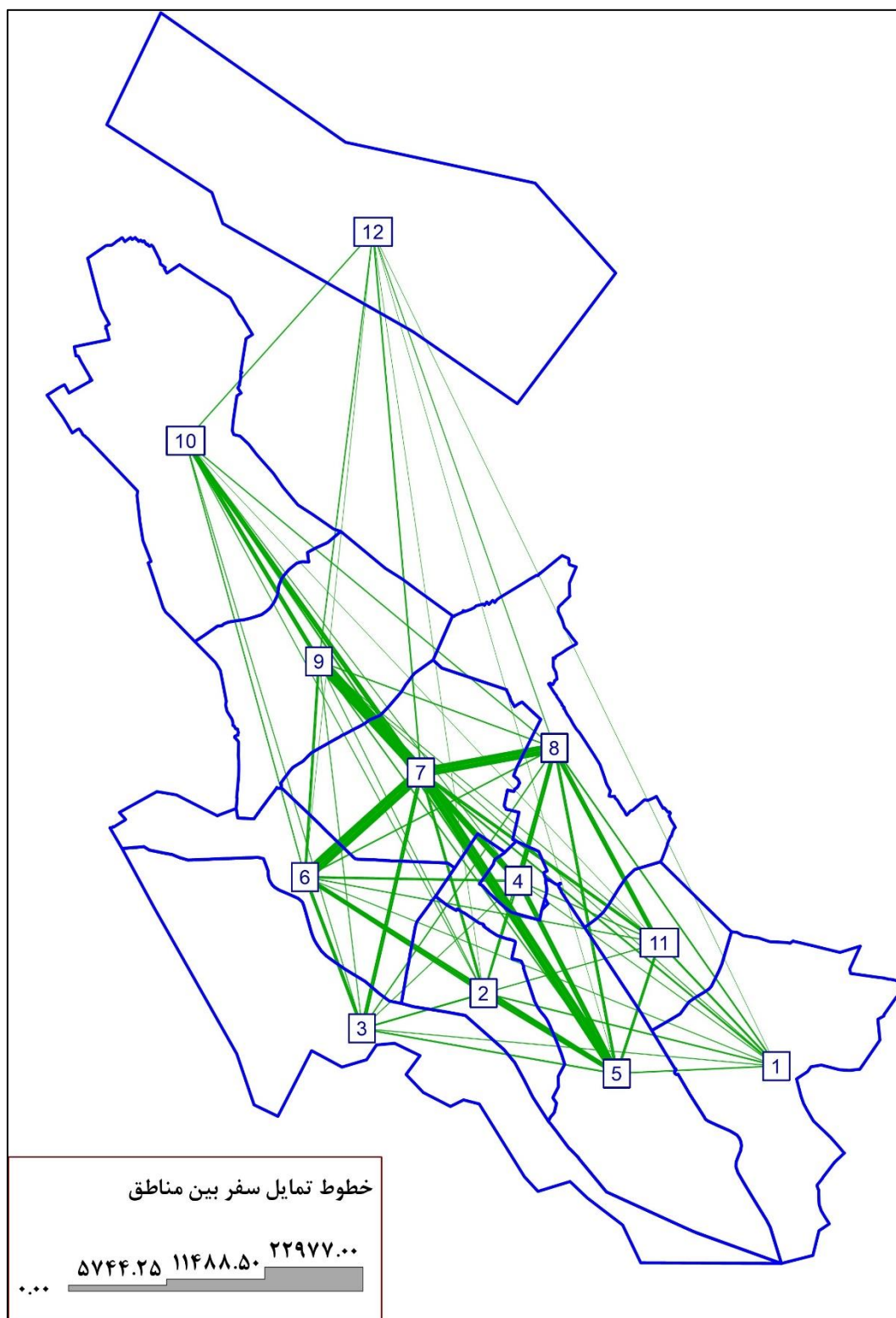


شکل ۶-۶- توزیع سفرهای کار شخصی شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴

 دانشگاه شیراز	صفحه ۳۴	بازبینی و بهنگام سازی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کلان شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۴-۳-۱- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		



شکل ۶-۷- توزیع سفرهای تحصیلی شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴



شکل ۶-۸- توزیع سفرهای غیرخانه مبنا شهر شیراز در آمارگیری مبدأ- مقصد خانوار سال ۱۳۹۴

۲-۶- ماتریس‌های مقاومت سفر

برای پرداخت مدل جاذبه در مورد هر یک از اهداف سفر، از چهار ماتریس‌های مقاومت زمان سفر در شبکه، زمان سفر آزاد، مسافت مستقیم هوایی و مسافت در شبکه استفاده شده که تعریف هر یک از این توابع مقاومت سفر به شرح زیر است:

زمان سفر در شبکه: منظور، زمان سفر خودروها در شرایط ازدحام در شبکه است، هنگامی که ماتریس تقاضای سال پایه به شبکه تخصیص یافته و سرعت و حجم تردد خودروها در معابر شبکه، شرایط واقعی را شبیه‌سازی می‌کند.

زمان سفر آزاد در شبکه: منظور، زمان سفر خودروها در شرایطی است که همگی بتوانند با سرعت آزاد در شبکه تردد نمایند. این زمان تابعی از درجه‌بندی معابر و سرعت مجاز آن است و از حجم تردد و ازدحام تأثیر نمی‌پذیرد.

مسافت مستقیم هوایی: منظور، فاصله مستقیم هوایی از یک نقطه به نقطه دیگر است و از طول شبکه معابر تأثیر نمی‌پذیرد.

مسافت در شبکه: منظور، فاصله زمینی بین مبدأ و مقصد است. هنگامی که خودروها از شبکه معابر موجود استفاده نمایند. طول شبکه معابر بین دو نقطه، جهت مجاز تردد (یک‌طرفه یا دوطرفه بودن) وجود موانع و غیره بر آن تأثیر می‌گذارد.

ماتریس‌های مقاومت اولیه از نرم‌افزار VISUM گرفته شد و سپس در موارد زمان سفر آزاد در شبکه و زمان سفر در شبکه، زمان پایانی به آن‌ها افزوده شد. مقدار زمان پایانی برای نواحی داخل CBD^۱ ۴ دقیقه و برای نواحی خارج از CBD ۲ دقیقه منظور شد. سپس مدل جاذبه با به‌کارگیری هر یک ماتریس‌های مقاومت سفر مذکور، پرداخت شد.

۳-۶- نحوه پرداخت مدل جاذبه در نرم‌افزار VISUM

برای پرداخت مدل جاذبه با اهداف مختلف، از امکان KALIBRI نرم‌افزار VISUM استفاده شده است. پنجره و برگه‌های KALIBRI در شکل ۹-۶ تا شکل ۱۲-۶ نشان داده شده است. لازم به ذکر است روند کالیبراسیون با توجه به تغییراتی که در نسخه ۱۶ نرم‌افزار VISUM به وجود آمده، ارایه شده است. مراحل زیر باید برای هر یک از اهداف سفر به‌طور جداگانه انجام شود که نرم‌افزار میزان تولید و جذب آن را با توجه به

^۱ CBD- Central Business Distinct

 دانشگاه شیراز	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز	
	صفحه ۳۷	تاریخ	گزارش		
	مرداد ماه ۱۴۰۱				
۱-۳-۴- توزیع سفر		۰۱	۰۳		

هدف سفر انتخاب شده و نتایج حاصل از مدل تولید و جذب وارد فرآیند کالیبراسیون می‌کند و نیازی به ورود جداگانه داده‌ها نیست. در فرآیند زیر ترتیب انجام مراحل پرداخت مدل جاذبه در VISUM به صورت ذیل است:

۱- در برگه Utility Definition (شکل ۶-۹) نوع ماتریس مقاومت سفر مورد نظر (مسافت مستقیم هوایی، مسافت در شبکه و ...) وارد می‌شود.

۲- برگه distribution (شکل ۶-۱۰) مربوط به ورود تعداد سفر در بازه‌های مختلف تعیین شده برای مقاومت سفر است (توزیع فراوانی سفرها بر حسب طول یا زمان سفر) این دسته‌بندی‌ها می‌بایست قبلاً با استفاده از ابزار Classify تعیین شوند.

۳- در برگه Function Type (شکل ۶-۱۱) نوع تابع مقاومت و پارامترهای مربوط به نحوه پرداخت انتخاب می‌شود. برای پرداخت مدل جاذبه در نرم‌افزار VISUM از قابلیت وزن‌دهی بر اساس تعداد سفرها در هر طبقه از فراوانی سفرها Weighted by the number of trips in each class و نیز قابلیت پرداخت بر اساس مقید کردن تولید و جذب (Doubly Constrained (Multi-Procedure استفاده شده است. این محدودیت، با توجه به دقت متغیرهای تولید و جذب در سال پایه که از مشاهده به دست آمده اعمال شده است.

۴- در برگه Output (شکل ۶-۱۲) محل ذخیره ماتریس به دست آمده و همچنین ضرایب محاسبه شده تعیین می‌گردد.

 دانشگاه گیلان	صفحه ۳۸		بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز		 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

Parameters: Estimate gravitation parameters

Utility definition | Distribution | Function type | Output

Utility U = Transformation No transformation

Matrix / Attribute / Constant	Transformation	Coefficient
Matrix([NO]=57)	No transformation	1.000000

Create Delete

OK Cancel

شکل ۶-۹- برگه مخصوص انتخاب ماتریس مقاومت سفر مورد نظر در نرم افزار VISUM

Parameters: Estimate gravitation parameters

Utility definition | Distribution | Function type | Output

☐ Preset class limits and shares

Class limits and shares (the 'number of trips' column provides orientation and refers to the current production)

Interval type

☒ [a,b [

☐] a,b]

Number: 0	From	To	Share	Cumul. share	Number of trips

Create Delete Read from file

☒ From interval file

E:\Job\AAvand\Qom\VISUM\TripDist Calibration\At ...

OK Cancel

شکل ۶-۱۰- برگه مخصوص ورود داده های توزیع فراوانی سفرها برای پرداخت مدل جاذبه در نرم افزار VISUM

Parameters: Estimate gravitation parameters

Utility definition | Distribution | Function type | Output

Function type

☒ $f(U) = a U^b e^{(c U)}$ (parameters a, b, and c) (available for exponential functions only)

☐ $f(U) = a e^{(c U)}$ (parameters a and c)

☒ Weighted by the number of vehicle journeys per class

Direction of distribution: production distribution

☒ doubly-constrained: Balancing by multi-procedure

Multi-parameters

Max. number of iterations: 10

Quality factor: 3

Kalibri calculation: Max. number of iterations: 50

OK Cancel

شکل ۶-۱۱- برگه مخصوص ورود داده‌های نوع تابع مقاومت سفر برای پرداخت مدل جاذبه در نرم‌افزار VISUM

Parameters: Estimate gravitation parameters

Utility definition | Distribution | Function type | Output

Output

☐ Store the calculated matrix in matrix

☒ Do not save the calculated matrix

Select output matrix

Protocol

☐ Output the protocol to log file

☒ Protocol logged to file

☐ No protocol output

E:\Job\AAvand\Qom\VISUM\TripDist ...

OK Cancel

شکل ۶-۱۲- برگه مخصوص انتخاب فایل‌های مورد نظر برای ذخیره نتایج حاصل از کالبراسیون مدل جاذبه

 دانشگاه قم	صفحه ۴۰	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

۴-۶- انتخاب مناسب‌ترین مدل جاذبه

برای انتخاب بهترین مدل حاصل از پرداخت اولیه با ماتریس‌های مختلف مقاومت سفر، معیارهای زیر مورد توجه قرار گرفت:

الف) منطقی بودن نوع ماتریس مقاومت سفر،

ب) کیفیت تطابق TLFD مشاهده و محاسبه،

پ) درصد اختلاف میانگین طول سفر از مشاهده و محاسبه.

معیار (الف) که معیاری کیفی است و با نظر کارشناسی تعیین می‌شود، در جایی به کار رفته که اختلاف امتیاز بین دو مدل برتر نزدیک بوده و استفاده از ماتریس مقاومت سفر با رتبه دوم منطقی‌تر به نظر می‌رسیده و یا علامت پارامتر C منفی نباشد.

برای منظور کردن ارزش معیارهای (ب)، و (پ) امتیاز آن‌ها بر مبنای مقادیر کمی محاسبه شده از روشی که در ادامه توضیح داده خواهد شد، در جدول ۶-۲ وارد شده است. به این منظور، امتیازهایی از ۱ تا ۴ به هر کدام از ماتریس‌های مقاومت سفر اختصاص داده شده است به‌طوری‌که بهترین ماتریس مقاومت امتیاز ۱، بدترین ماتریس مقاومت امتیاز ۴ و دو ماتریس دیگر با توجه به فاصله‌ای که از این دو حالت دارند، امتیاز ۲ یا ۳ می‌گیرند. سپس امتیاز کل با احتساب ضریب یکسان برای تمام معیارها، از جمع امتیازهای اختصاص یافته به دست می‌آید. در جدول ۶-۲ میانگین طول سفرهای به دست آمده از مشاهده و محاسبه و درصد خطای بین آن‌ها ارائه شده است.

روش محاسبه امتیازها در معیار (ب): میزان تطابق پراکندگی طول سفرهای مشاهده شده و محاسبه شده توسط نرم‌افزار VISUM محاسبه و ارائه می‌شود. امتیازها برای هر هدف سفر به ازای ماتریس مقاومت‌های مختلف از ۱ برای بیشترین تا ۴ برای کمترین کیفیت تطابق، اختصاص داده شده‌اند. نتایج طول سفرهای مشاهده و محاسبه پس از پرداخت مدل جاذبه به تفکیک اهداف سفر برای ماتریس مقاومت‌های مختلف در پیوست ۱ ارائه شده است.

روش محاسبه امتیازها در معیار (پ): به منظور محاسبه درصد اختلاف متوسط زمان (یا مسافت) سفر، ابتدا کل زمان (یا مسافت) سفر در حال مشاهده (آمارگیری مبدأ- مقصد) و محاسبه (مدل توزیع سفر برآورد شده) تعیین می‌شود. به این منظور، فراوانی هر دسته از زمان‌های (یا مسافت) سفر را در طول زمان (یا مسافت) سفر ضرب کرده و کل زمان (یا مسافت) سفر به دست می‌آید. حال میزان اختلاف متوسط زمان (یا مسافت) سفر در حالت مشاهده و محاسبه قابل تعیین خواهد بود.

 دانشگاه شیراز	صفحه ۴۱	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

نتایج کلیه محاسبات، در جدول ۶-۲ برای تعیین امتیاز هر یک از ماتریس‌های مقاومت سفر در برآورد توزیع سفرها به تفکیک اهداف ارایه شده است. در مورد اهداف مختلف، تابع مقاومت هم به صورت گاما و هم به صورت نمایی اجرا شده است تا از میان این دو تابع بهترین انتخاب شود.

جدول ۶-۲- مقایسه امتیاز ماتریس‌های مقاومت در پرداخت مدل جاذبه به تفکیک هدف سفر

هدف سفر	ماتریس مقاومت سفر	ضرایب تابع مقاومت سفر پس از کالیبراسیون			ضریب تطابق	رتبه	درصد اختلاف زمان سفر متوسط در مدل با مشاهده	رتبه	جمع رتبه	رتبه کل	
دف	خانه مبنا	a	b	c	Quality						
۱	شغلی	TTC	زمان سفر در شبکه	۱۴.۳۱۵۳۳۲	-۱.۸۵۸۵۸۹	-۰.۰۶۱۷۵	✓	۰.۸۹۶۹۶	✓	۱	۱
		TT0	زمان سفر آزاد در شبکه	۰.۰۱۶۵۲۷	۰.۹۷۹۱۰۱	-۰.۰۵۷۵۲۸	✓	۰.۶۴۵۳۱۱	!	۲	۲
		DID	مسافت مستقیم هوایی	۰.۹۸۱۷۲۷	-۰.۸۱۲۰۰۹	-۰.۰۴۳۶۸۰	✓	۰.۶۱۳۱۸۴	!	۴	۴
		DIS	مسافت در شبکه	۰.۹۷۶۸۰۹	-۰.۷۸۸۹۳۵	-۰.۰۴۶۹۸۳	✓	۰.۶۲۴۶۶۶	!	۳	۳
۲	خرید	TTC	زمان سفر در شبکه	۴۵.۶۶۶۹۹۴	-۲.۵۱۹۹۷۷	-۰.۰۲۱۵۱۹	✗	۰.۷۴۶۳۴۴	✗	N.A.	N.A.
		TT0	زمان سفر آزاد در شبکه	۰.۰۱۵۲۴۰	۱.۲۴۲۳۳۹	-۰.۰۸۰۲۱۵	✗	-۰.۱۱۳۳۷۱	✗	N.A.	N.A.
		DID	مسافت مستقیم هوایی	۱.۳۸۲۶۵۲	-۱.۰۹۰۸۰۲	-۰.۰۳۳۶۶۰	✓	۰.۸۵۳۱۶۳	✓	۲	۲
		DIS	مسافت در شبکه	۱.۳۷۹۹۴۸	-۱.۰۷۸۶۳۴	-۰.۰۳۵۴۵۸	✓	۰.۸۵۹۳۷۵	✓	۱	۱
۳	تحصیلی	TTC	زمان سفر در شبکه	۴۱.۳۳۶۴۶۱	-۲.۱۲۸۸۰۶	-۰.۰۴۷۳۵۸	✓	۰.۷۷۲۱۹۰	✓	۲	۲
		TT0	زمان سفر آزاد در شبکه	۰.۰۰۰۳۳۸	۲.۹۶۶۸۳۲	-۰.۰۱۴۶۶۱	✓	۰.۷۷۸۱۶۶	✓	۱	۱
		DID	مسافت مستقیم هوایی	۱.۵۰۸۷۸۰	-۰.۸۲۰۱۴۹	-۰.۰۳۳۳۳۳	✓	۰.۶۶۸۷۳۳	!	N.A.	N.A.
		DIS	مسافت در شبکه	۱.۵۰۲۰۱۱	-۰.۸۰۲۲۵۳	-۰.۰۱۰۶۳۶۲	✓	۰.۶۶۶۹۵۷	!	N.A.	N.A.
۴	تفریحی	TTC	زمان سفر در شبکه	۲۵.۸۱۳۷۵۵	-۲.۱۳۳۷۲۲	-۰.۰۰۲۷۶۱	✓	۰.۸۲۹۱۲۲	✓	۱	۱
		TT0	زمان سفر آزاد در شبکه	۰.۰۰۳۰۴۸	۲.۱۷۵۱۹۹	-۰.۰۱۳۴۷۵۵	✓	۰.۸۰۳۹۰۹	✓	N.A.	N.A.
		DID	مسافت مستقیم هوایی	۱.۱۳۳۹۳۵	-۰.۸۲۸۸۸۵	-۰.۰۵۷۹۲۶	✓	۰.۸۲۲۸۶۳	✓	N.A.	N.A.
		DIS	مسافت در شبکه	۱.۱۴۰۷۶۰	-۰.۸۲۲۸۱۲	-۰.۰۵۹۶۳۶	✓	۰.۸۲۴۷۲۳	✓	۲	۲
۵	کار شخصی	TTC	زمان سفر در شبکه	۲۸.۴۵۶۱۸۱	-۲.۰۴۵۹۳۲	-۰.۰۲۸۷۱۳	✓	۰.۹۰۵۷۷۹	✓	۱	۱
		TT0	زمان سفر آزاد در شبکه	۰.۰۰۵۲۰۸	۱.۷۸۷۱۰۲	-۰.۰۱۰۶۴۸۷	✗	-۰.۱۰۲۰۴۰	✗	N.A.	N.A.
		DID	مسافت مستقیم هوایی	۱.۲۸۸۲۶۷	-۰.۷۶۹۵۹۰	-۰.۰۸۷۴۷۶	✓	۰.۸۰۵۵۱۷	✓	۲	۲
		DIS	مسافت در شبکه	۱.۲۸۶۵۶۶	-۰.۷۵۲۹۷۱	-۰.۰۹۰۴۸۱	✓	۰.۸۰۴۸۵۷	✓	۳	۳
غیر خانه مبنا											
۶	همه اهداف	TTC	زمان سفر در شبکه	۴.۱۴۱۰۱۹	-۱.۱۱۷۴۵۳	-۰.۰۴۲۳۸۸	✓	۰.۹۲۷۹۰۴	✓	۱	۱
		TT0	زمان سفر آزاد در شبکه	۰.۰۳۴۱۷۲	۰.۸۱۵۲۷۶	-۰.۰۶۰۸۵۵	✓	۰.۶۴۵۳۱۱	!	۳	۳
		DID	مسافت مستقیم هوایی	۰.۶۶۰۷۷۴	-۰.۳۸۷۸۷۸	-۰.۰۷۷۳۸۰	✓	۰.۸۶۵۶۷۴	✓	۲	۲
		DIS	مسافت در شبکه	۰.۶۵۷۱۶۹	-۰.۳۷۷۴۳۸	-۰.۰۷۸۶۹۲	✗	-۰.۰۷۸۶۹۲	✗	N.A.	N.A.

N.A.= مدل قابل قبول بدست نیامده است. $F_{ij} = a \times t_{ij}^b \times e^{c \cdot t_{ij}}$ که $c < 0$ و معمولاً $b < 0$

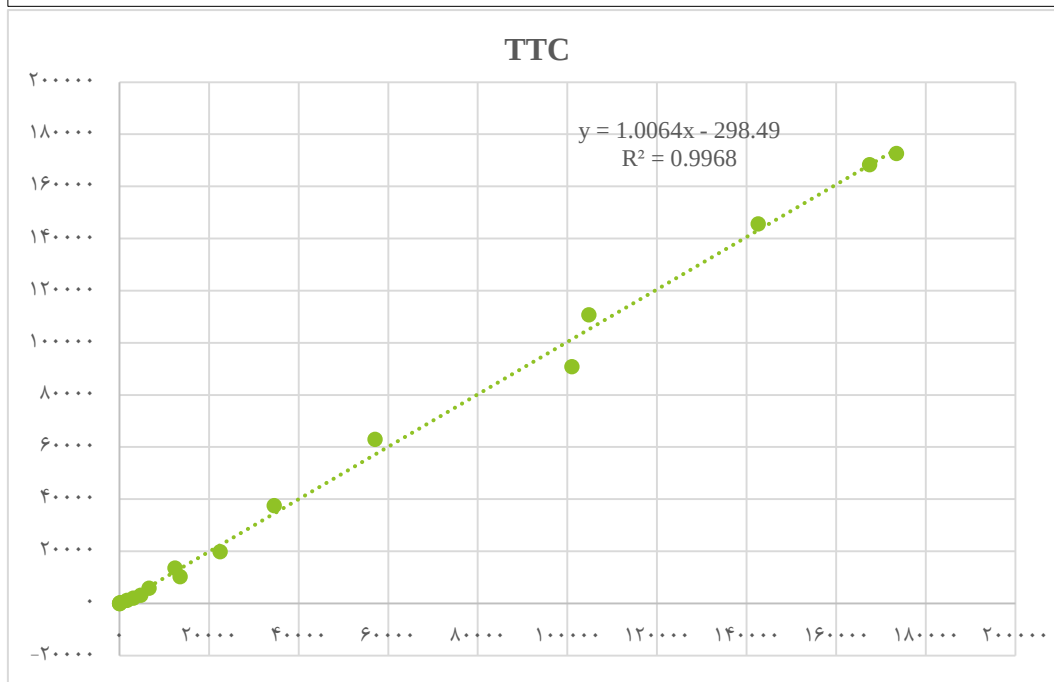
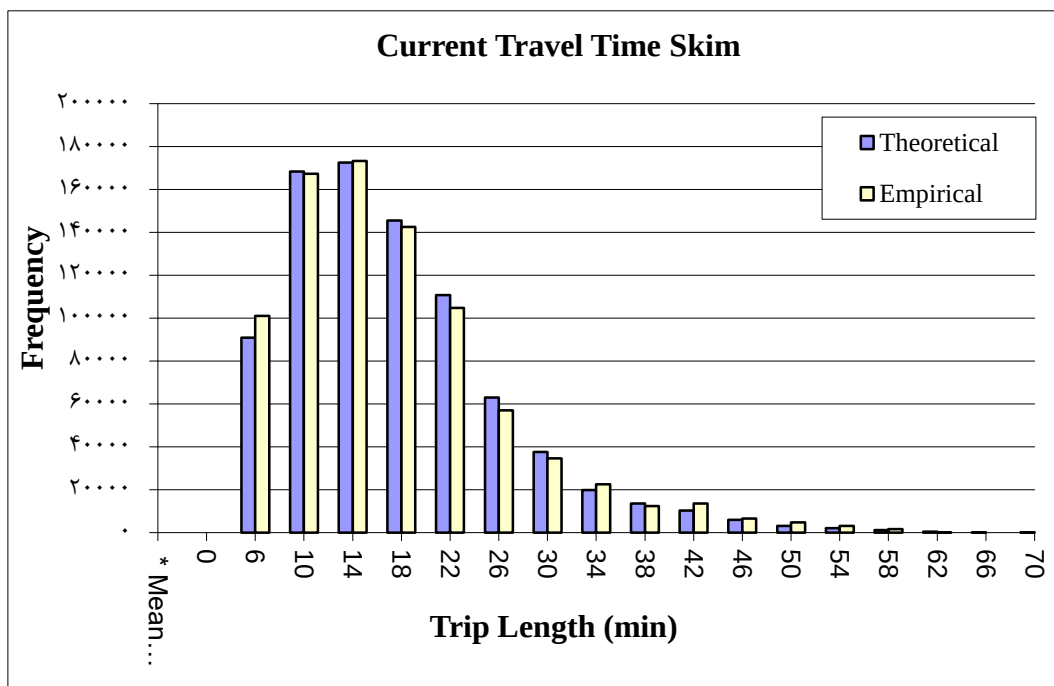
جدول ۶-۳ ضرایب پرداخت تابع مقاومت و نوع ماتریس مقاومت نهایی برگزیده شده برای پیش‌بینی توزیع سفرها توسط مدل جاذبه را برای اهداف مختلف نشان می‌دهد. همچنین در شکل ۶-۱۳ تا شکل ۶-۱۸ پراکنش سفرهای اهداف مختلف سفر با توجه به مشاهده و مدل توزیع با یکدیگر مقایسه شده است. علاوه بر این در شکل ۶-۱۹ تا شکل ۶-۲۵ نمودار ضریب همبستگی توزیع سفر مشاهده شده و حاصل از مدل جاذبه

بین بزرگنواحی شهر شیراز برای اهداف سفر مختلف و مجموع سفرها ترسیم شده است. همانطور که مشاهده می شود دقت توزیع انجام شده بین بزرگنواحی در محدوده قابل قبول قرار دارد.

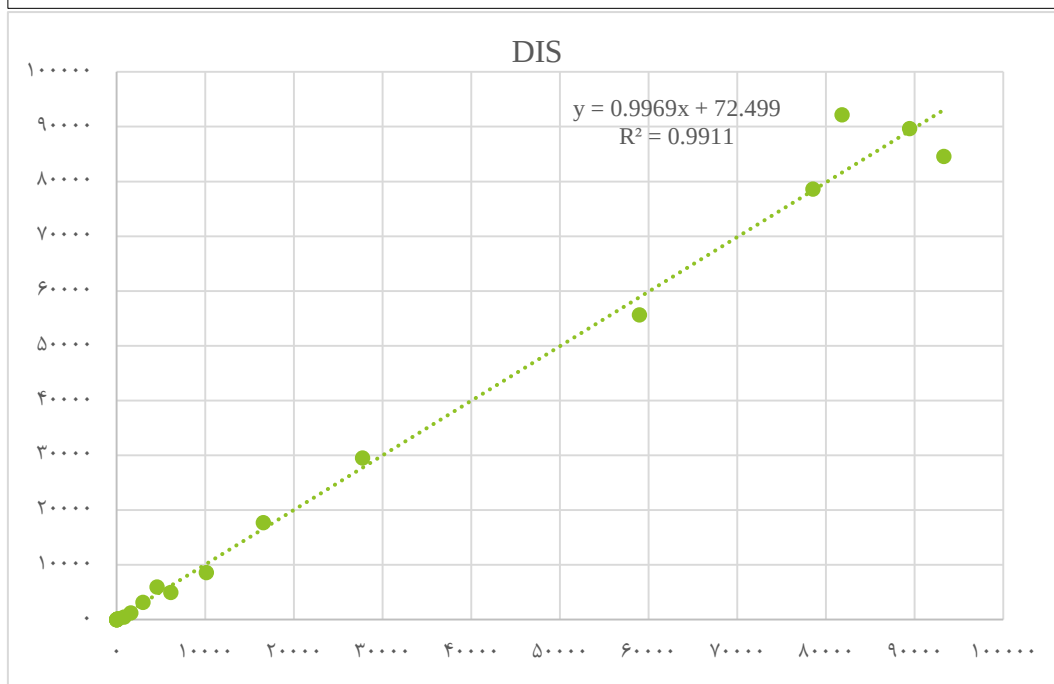
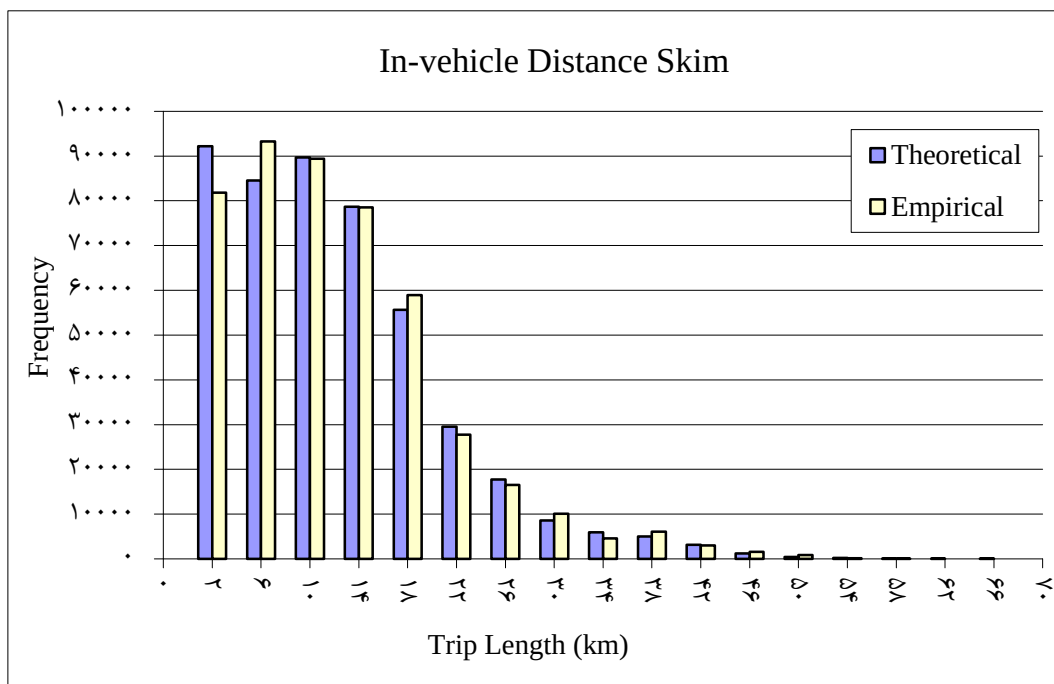
جدول ۳-۶- ضرایب نهایی مدل جاذبه به تفکیک هدف سفر برای شهر شیراز

ردیف	هدف سفر	ماتریس مقاومت سفر	ضرایب			ضریب تطابق	درصد اختلاف مدل و مشاهده
			a	b	c		
۱	کاری	زمان سفر در شبکه	۱۴.۳۱۵۳۳۲	-۱.۸۵۸۵۸۹	-۰.۰۰۶۱۷۵	۰.۸۴	۰.۱۲
۲	خرید	مسافت در شبکه	۱.۳۷۹۹۴۸	-۱.۰۷۸۶۲۴	-۰.۰۳۵۴۵۸	۰.۸۶	۱.۴۰
۳	تحصیلی	زمان سفر آزاد در شبکه	۰.۰۰۰۳۳۸	۲.۹۶۶۸۳۲	-۰.۱۴۹۶۶۱	۰.۷۷	۱.۹۹
۴	تفریحی	زمان سفر در شبکه	۲۵.۸۱۳۷۵۵	-۲.۱۳۲۷۲۲	-۰.۰۰۲۷۶۱	۰.۸۷	۰.۲۷
۵	کار شخصی	زمان سفر در شبکه	۲۸.۴۵۶۱۸۱	-۲.۰۴۵۹۳۲	-۰.۰۲۸۷۱۳	۰.۹۰	۰.۰۴
۶	غیر خانه مینا	زمان سفر در شبکه	۴.۱۴۱۰۱۹	-۱.۱۱۷۴۵۳	-۰.۰۴۲۳۸۸	۰.۹۲	۰.۶۳

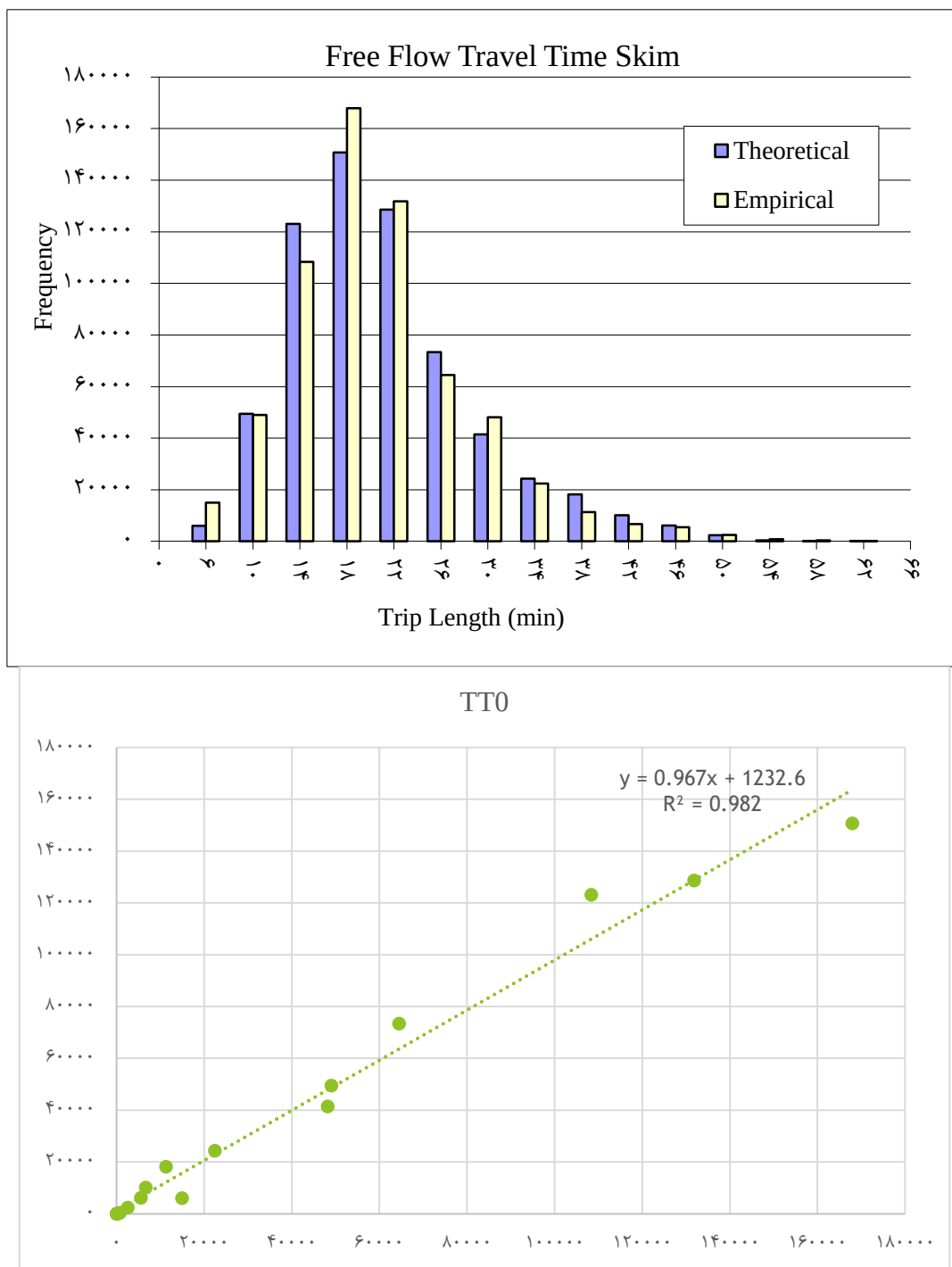
$$F_{ij} = a \times t_{ij}^b \times e^{c.t_{ij}}$$



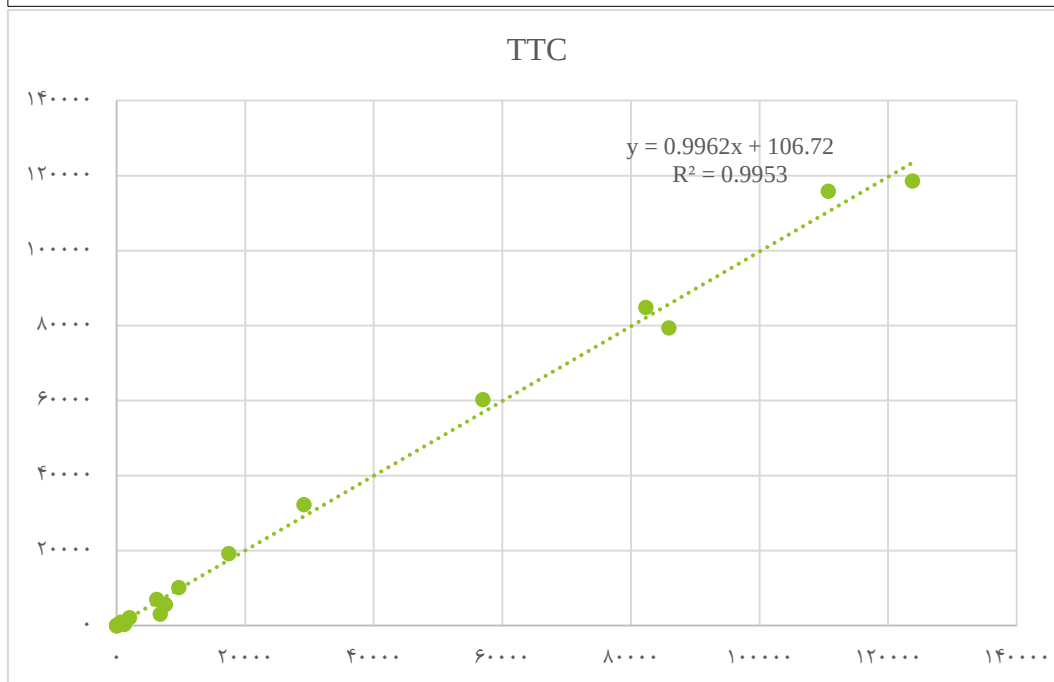
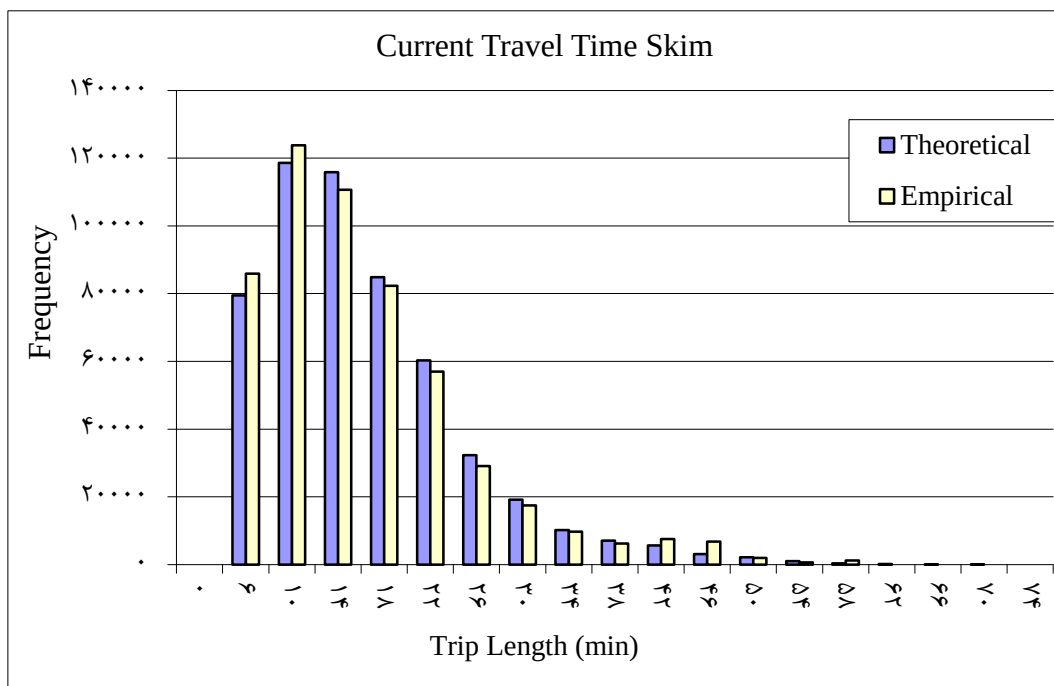
شکل ۶-۱۳- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع - هدف سفر کاری



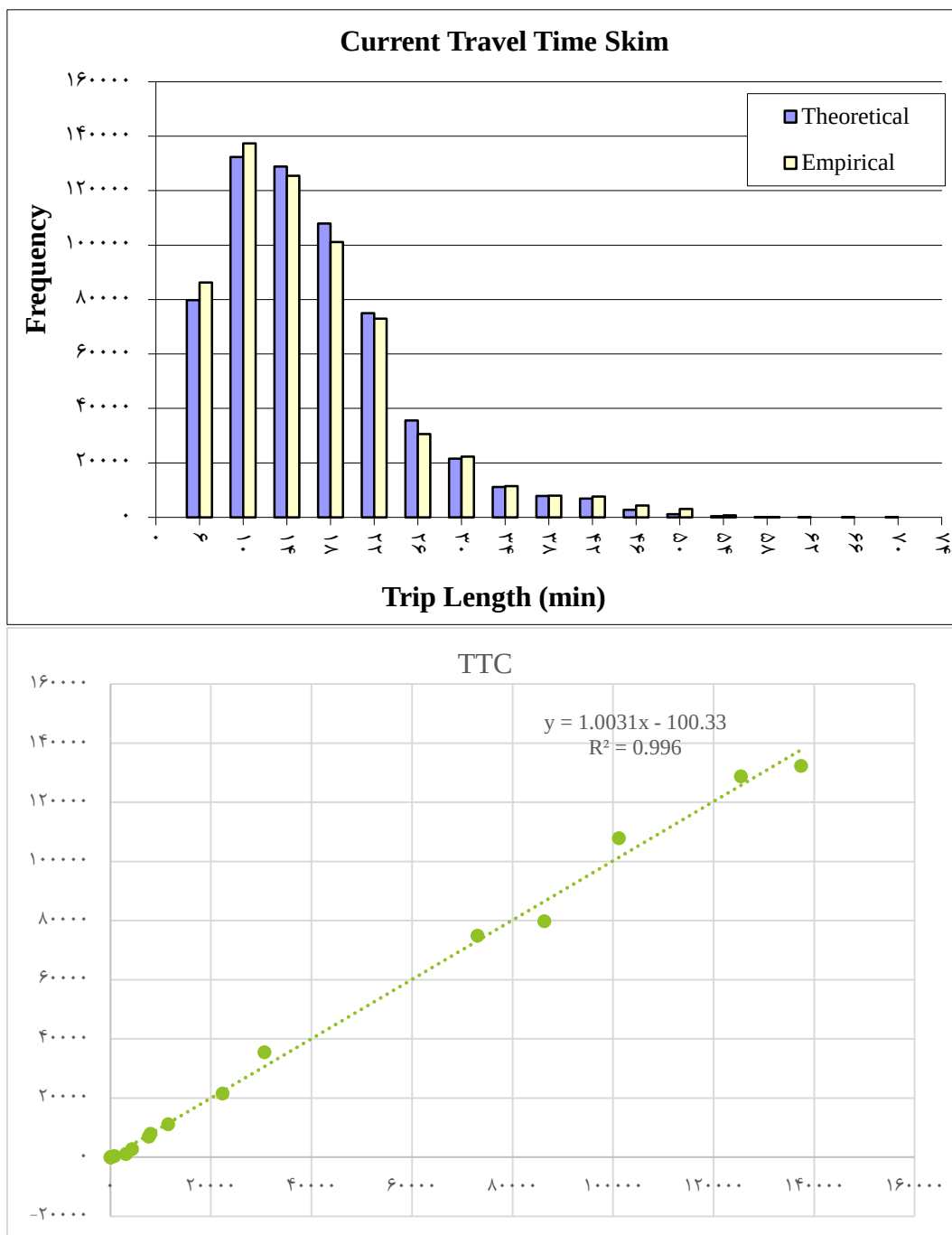
شکل ۶-۱۴- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع - هدف سفر خرید



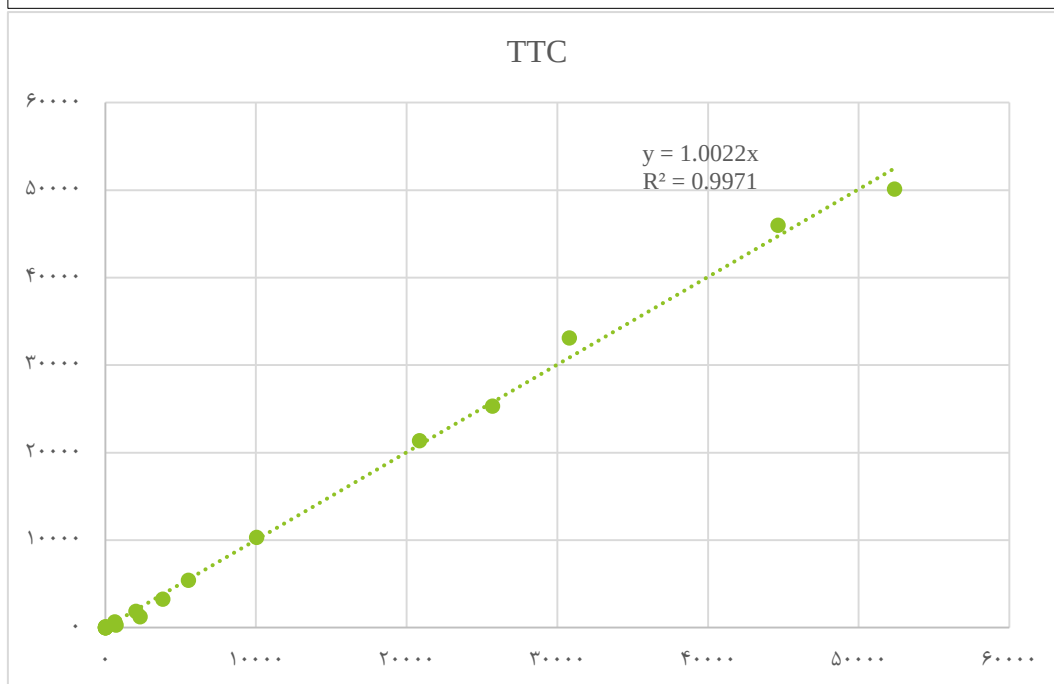
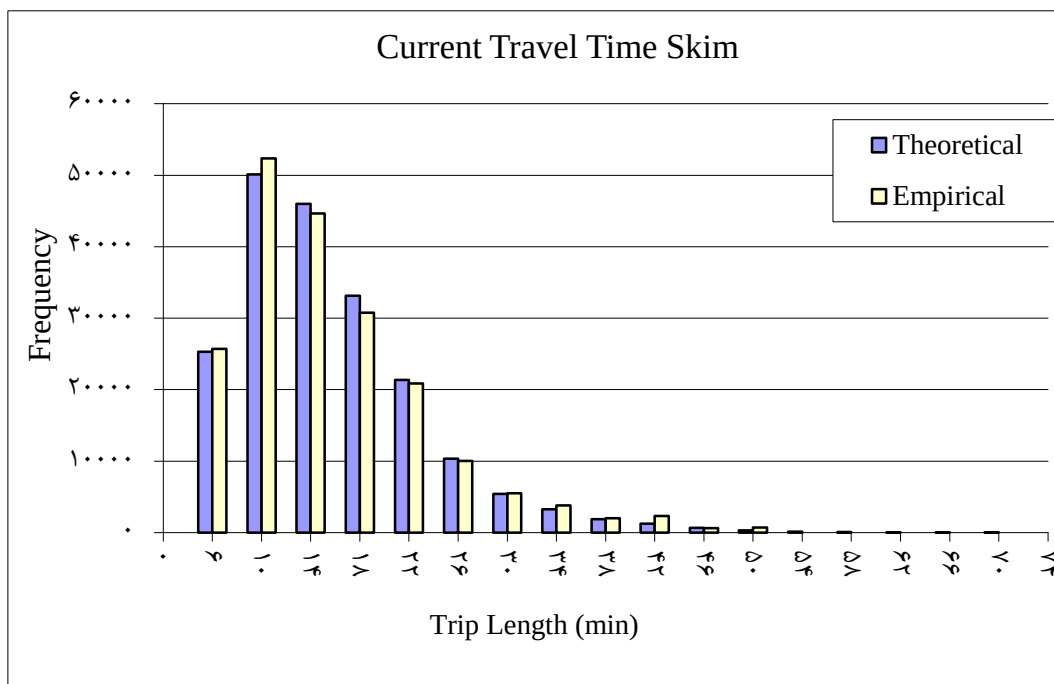
شکل ۶-۱۵- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع - هدف سفر تحصیلی



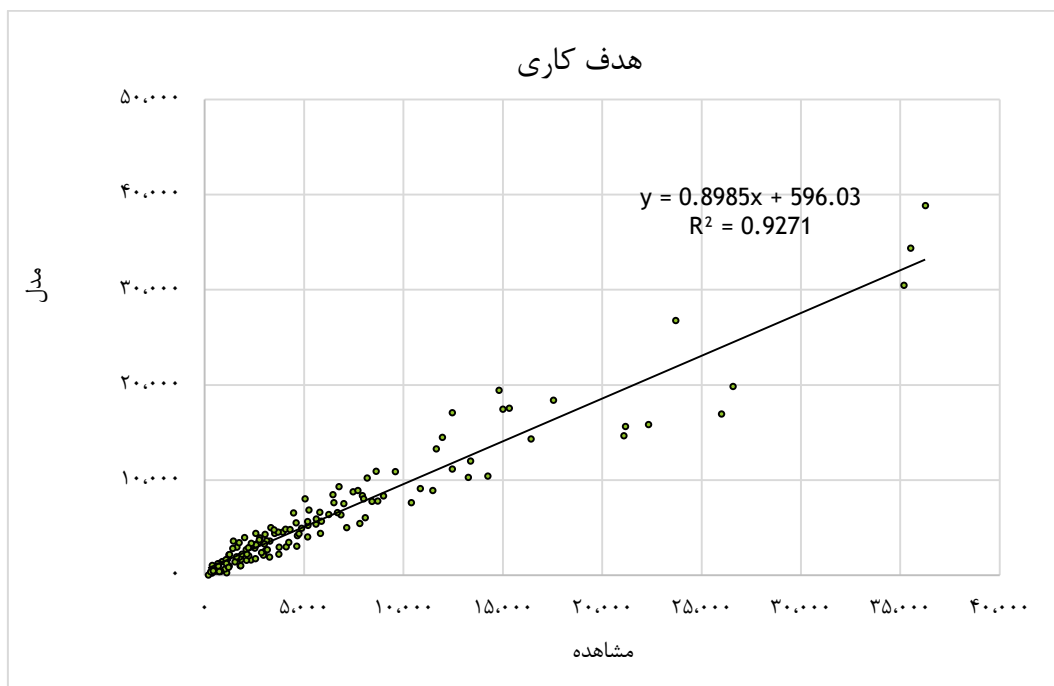
شکل ۶-۱۶- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع - هدف سفر تفریحی



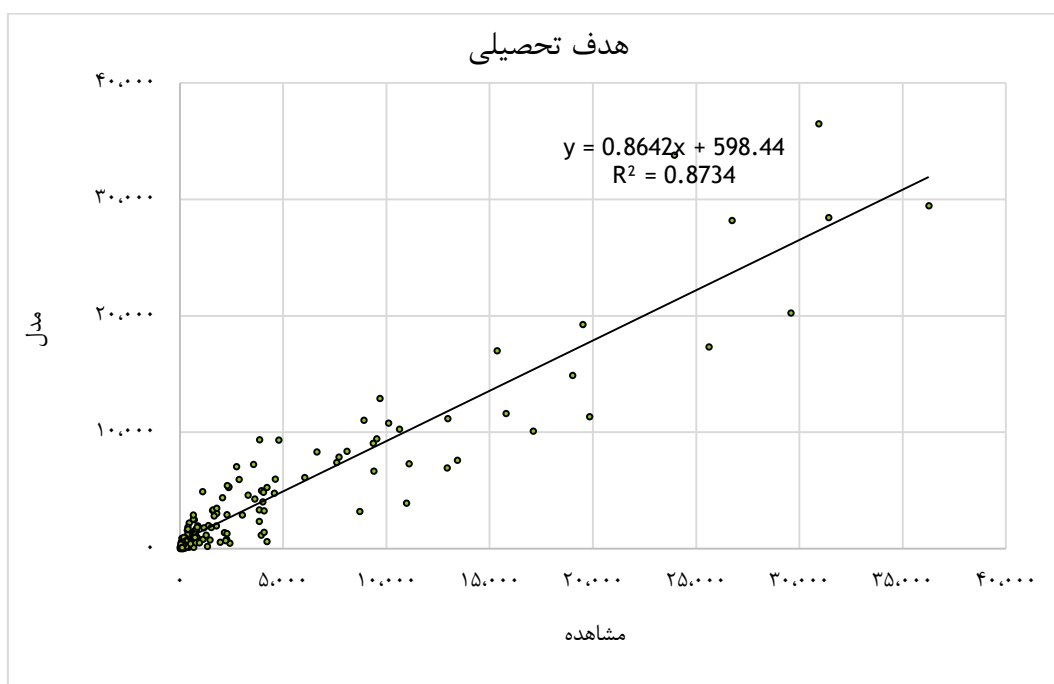
شکل ۶-۱۷- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع- هدف سفر کار شخصی



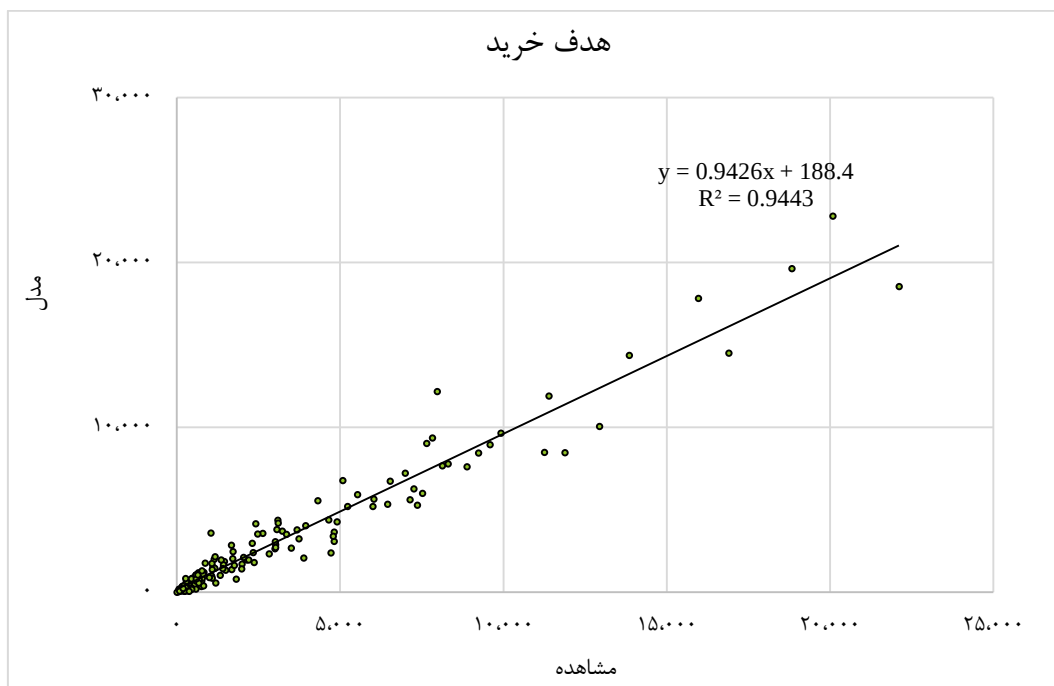
شکل ۶-۱۸- مقایسه فراوانی طول سفرها بر مبنای مشاهده و مدل توزیع - هدف سفر غیرخانه مبنا



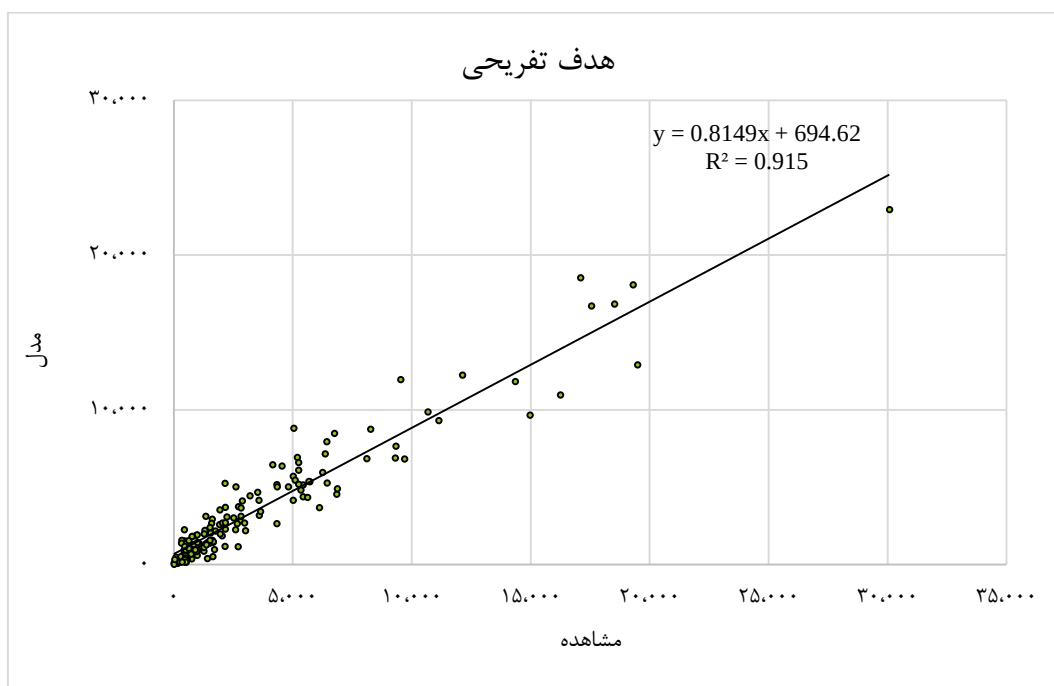
شکل ۶-۱۹- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی - هدف سفر کاری



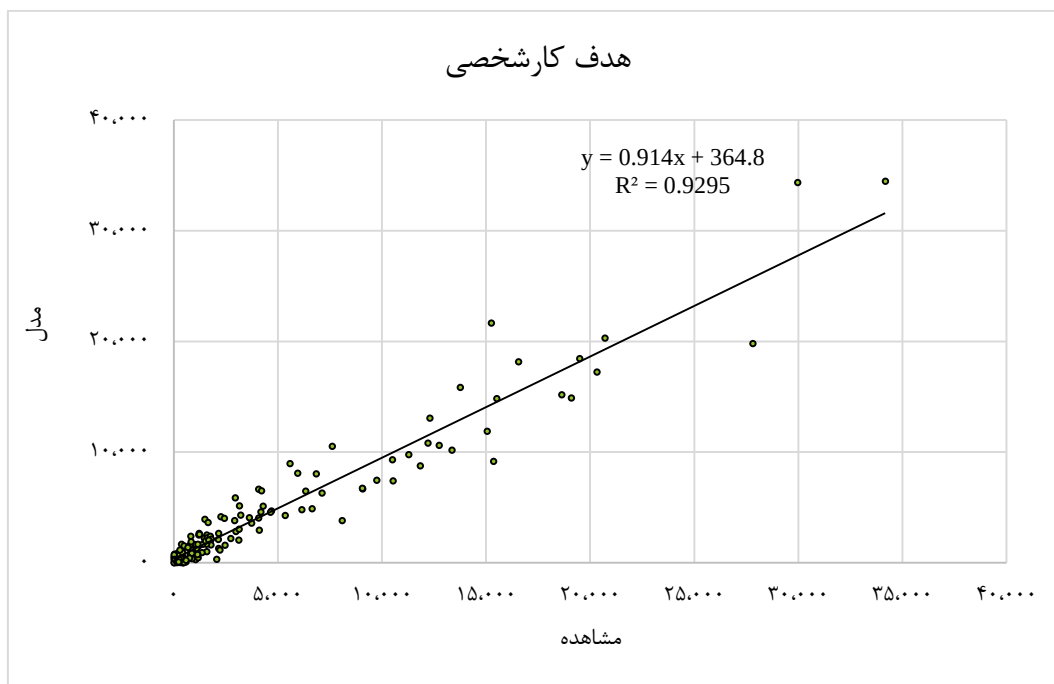
شکل ۶-۲۰- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی - هدف سفر تحصیلی



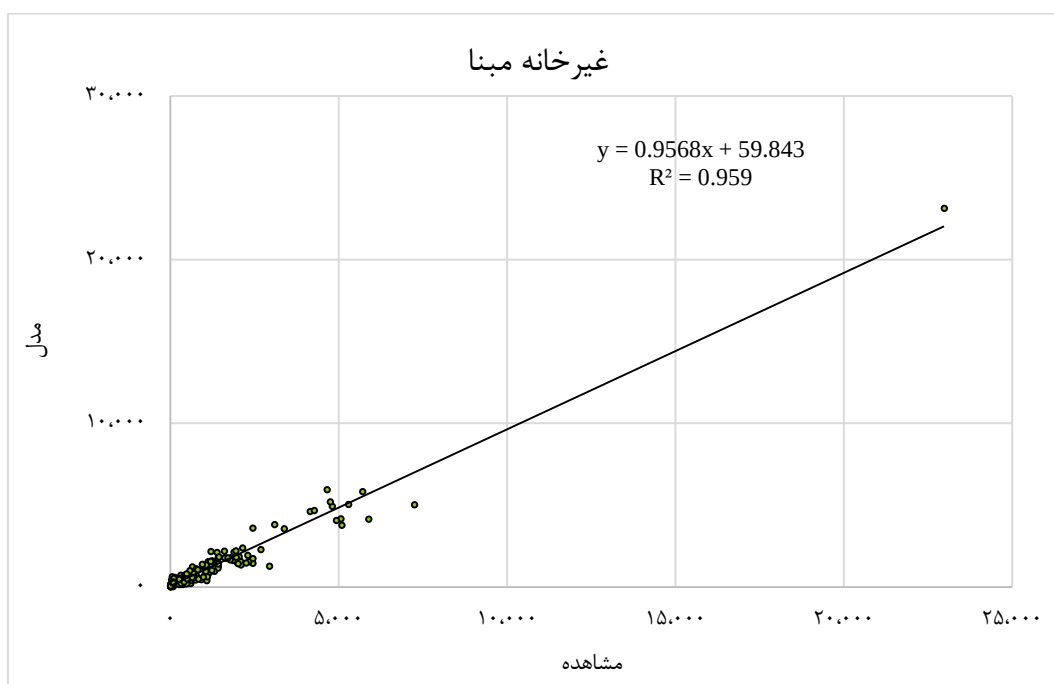
شکل ۶-۲۱- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی - هدف سفر خرید



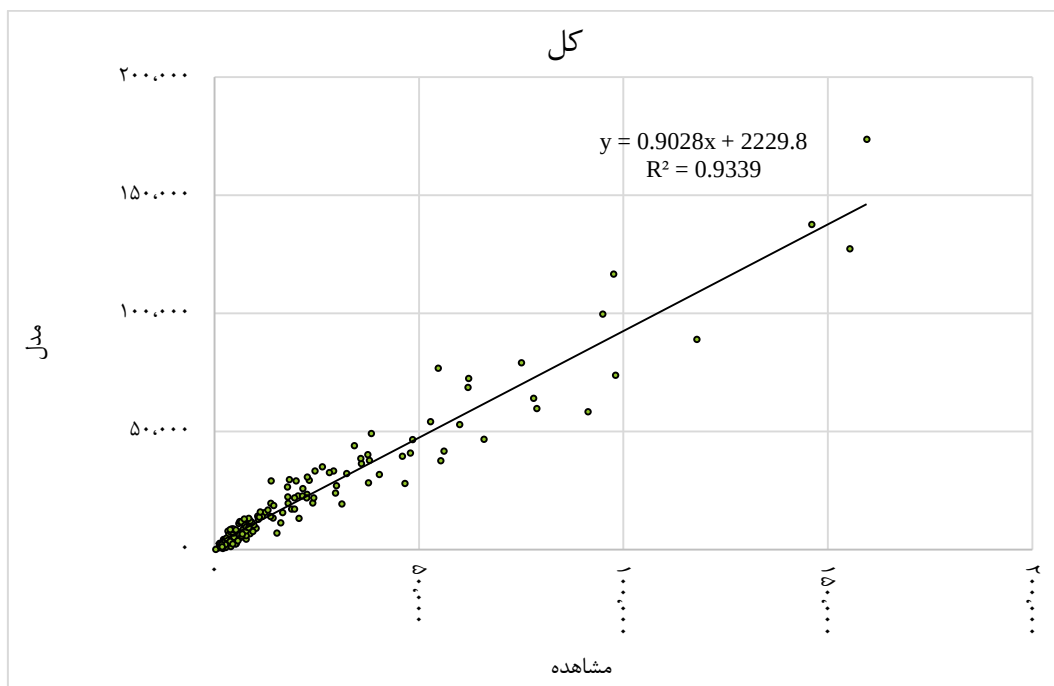
شکل ۶-۲۲- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی - هدف سفر تفریحی



شکل ۶-۲۳- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی - هدف سفر کار شخصی



شکل ۶-۲۴- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی - هدف سفر غیرخانه مبنا



شکل ۶-۲۵- مقایسه نتایج مدل توزیع و ماتریس مشاهده بین بزرگ نواحی - مجموع سفرها

 دانشگاه شیراز	صفحه ۵۳	بازبینی و بهنگام سازی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کلان شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

۷- منابع و مراجع

- [۱] Ortuzar, J. de D. and L.G. Willumsen (2001), "Modeling Transport", John Wiley & Sons, New York, USA.
- [۲] Khisty, C.J. and Lall, B.K. (2003), "Transportation Engineering: An Introduction", Prentice-Hall, 3rd Edition.
- [۳] Papacostas, C.S. and Prevedouros, P.D. (2001), "Transportation Engineering & Planning", Prentice-Hall.
- [۴] Wegmann, F., Everett, J., "Minimum Travel Demand Model Calibration and Validation Guidelines for State of Tennessee", The University of Tennessee Center for Transportation Research Knoxville, Tennessee, 1997.
- [۵] "Model Validation and Reasonableness Checking Manual", Barton-Aschman Associates, Inc., 1997.
- [۶] Transportation Research Board Executive Committee 1998, "NCHRP Report 365: Travel Estimation Techniques for Urban Planning", Transportation Research Board, 1998.
- [۷] Visum 16 Users Manual , 2018.

 دانشگاه علم و صنعت ایران	صفحه ۵۴	بازبینی و بهنگام‌سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز			 شهرداری شیراز
	تاریخ	گزارش	ویرایش	۱-۳-۴- توزیع سفر	
	مرداد ماه ۱۴۰۱	۰۳	۰۱		

نشانی کارفرما:
فارس، شیراز
میدان شهدا
شهرداری شیراز



نشانی مشاور:
تهران
بزرگراه رسالت، خیابان فرجام
دانشگاه علم و صنعت ایران

