

بسمه تعالی

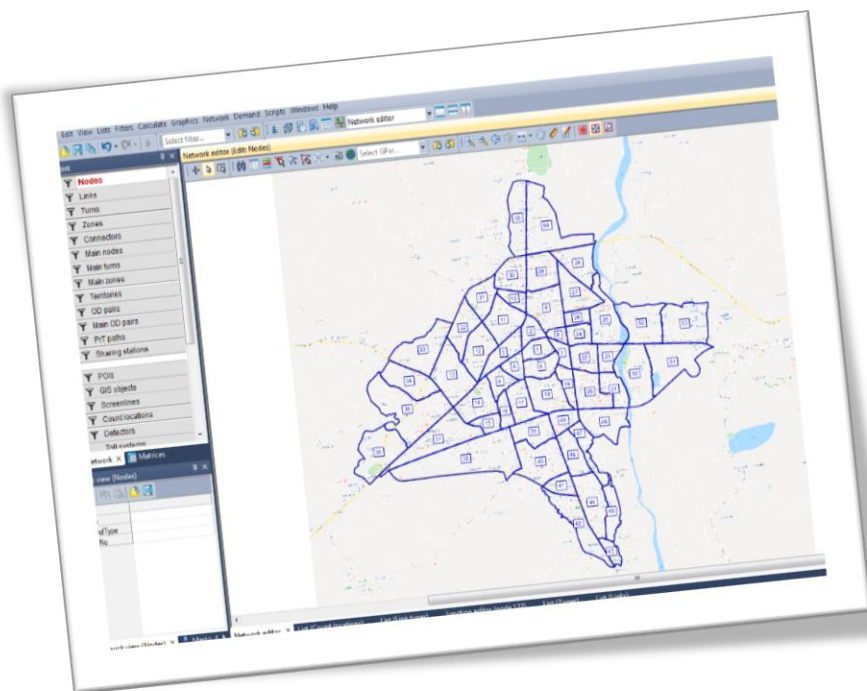
وزارت کشور

شهرداری ساری

طرح جامع حمل و نقل و ترافیک شهرداری

قرارداد شماره ۸۷۲۰۷

مورخ ۱۳۹۶/۰۷/۰۵



مهندسین مشاور عمران طرح البرز

عضو گروه تخصصی ترافیک جامعه مهندسین مشاور ایران

آدرس: ساری-خیابان رودکی

کوچه یاس-ساختمان آذر

کد پستی: ۹۷۸۷۱-۴۸۱۵۶

تلفن: ۰۱۱۳۳۶۰۵۰۸۵

نمار: ۰۱۱۳۳۶۰۵۰۸۴

تارنا:

www.omrantarhalborz.ir

گزارش ساخت شبکه پایه در نرم افزار

(T۸-CO-SA-۰۳/۰۳)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست مطالب

۱.....	ساخت شبکه حمل و نقل شهر در نرم افزار
۱.....	۱- ورود اطلاعات عرضه و تقاضا
۱.....	۱-۱ ترسیم عرضه حمل و نقل در نرم افزار PTV-VISUM
۸.....	۲-۱ ورود اطلاعات تقاضای حمل و نقل در نرم افزار PTV-VISUM
۱۰.....	۲- ساخت مدل های زمان سفر - حجم در معابر و تقاطع ها
۱۱.....	۱-۲ مروری بر توابع زمان سفر - حجم کمان ها
۱۴.....	۲-۲ مروری بر توابع تأخیر در تقاطع چراغدار
۱۸.....	۳-۲ مروری بر توابع مورد استفاده در مطالعات جامع حمل و نقل سایر شهرهای کشور
۲۳.....	۴-۲ توابع زمان سفر - حجم برای شهر ساری
۲۷.....	۳- تخصیص ترافیک به شبکه
۲۷.....	۱-۳ تخصیص حمل و نقل شخصی
۳۳.....	۲-۳ تخصیص حمل و نقل همگانی
۳۵.....	۴- اعتبارسنجی مدل تخصیص ترافیک و ماتریس سفرها
۳۶.....	۱-۴ معرفی شاخص های اعتبارسنجی تخصیص حمل و نقل شخصی
۳۷.....	۱-۱-۴ معرفی شاخص های اعتبارسنجی تخصیص روزانه
۴۱.....	۲-۱-۴ معرفی شاخص های اعتبارسنجی تخصیص دوره اوج صبح
۴۲.....	۲-۴ اعتبارسنجی نتایج تخصیص اوج صبح
۵۶.....	۳-۴ اعتبارسنجی تصحیح انجام شده در ماتریس تقاضا
۵۷.....	۵- منابع و مراجع

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه آ		ویرایش اول گزارش ۰۳	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد			
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷			

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- شبکه معابر شهر ساری در نرم‌افزار PTV-VISUM ۲
- شکل ۲-۱- پنجره ورود مشخصات عملکردی کمان ۳
- شکل ۳-۱- پنجره ثبت حرکت‌های مجاز در گره‌ها ۳
- شکل ۴-۱- رده‌بندی عملکردی معابر شهر ساری در نرم‌افزار VISUM ۴
- شکل ۵-۱- ناحیه بندی داخلی ترسیم شده در نرم‌افزار VISUM ۵
- شکل ۶-۱- نمونه‌ای از پیوند دهنده‌های ترسیم شده در نرم‌افزار VISUM ۶
- شکل ۷-۱- پنجره تعیین مشخصات خط اتوبوس ۶
- شکل ۸-۱- انتخاب ایستگاه‌های اتوبوس هر خط ۷
- شکل ۹-۱- خطوط اتوبوس ترسیم شده در نرم‌افزار Visum ۷
- شکل ۱-۲- مثالی از تابع زمان سفر- حجم از نوع BPR ۱۲
- شکل ۲-۲- تابع زمان سفر- حجم از نوع INRETS, $t_{cur}=t_0.f(sat)$ ۱۴
- شکل ۳-۲- فرآیند ساخت مدل‌های زمان سفر- حجم در معابر و تقاطع‌ها ۲۴
- شکل ۱-۳- مراحل تخصیص به روش تعادلی [۲] ۳۰
- شکل ۲-۳- مراحل متعادل سازی در تخصیص تعادلی [۲] ۳۱
- شکل ۳-۳- مراحل تخصیص به روش پلکانی [۲] ۳۲
- شکل ۴-۳- نحوه ارتباط تخصیص همگانی و شخصی ۳۴
- شکل ۱-۴- جریان اطلاعات در روش TFF ۳۵
- شکل ۲-۴- جریان کار در روش TFF ۳۵
- شکل ۳-۴- ضابطه درصد خطای مجاز کل حجم تردد همسنگ سواری روزانه عبوری از هر خط برش [۱۱] ۳۸
- شکل ۴-۴- نمونه نمودار مشاهده-برآورد حجم تردد کمان‌ها ۴۰
- شکل ۵-۴- درصد خطای مجاز حجم تردد دوره اوج صبح خط برش ۴۱
- شکل ۶-۴- موقعیت نقاط شمارش حجم خط برش ۴۴
- شکل ۷-۴- موقعیت نقاط شمارش حجم کمان منفرد ۴۵
- شکل ۸-۴- موقعیت نقاط شمارش حجم دروازه‌ای ۴۶
- شکل ۹-۴- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح- تمام ایستگاه‌های شمارش حجم-قبل از تصحیح ۵۲
- شکل ۱۰-۴- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح- تمام ایستگاه‌های شمارش حجم-بعد از تصحیح ۵۳
- شکل ۱۱-۴- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح- ایستگاه‌های خط برش-بعد از تصحیح ۵۳
- شکل ۱۲-۴- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح- ایستگاه‌های کمان منفرد-بعد از تصحیح ۵۴
- شکل ۱۳-۴- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح- ایستگاه‌های دروازه‌ای-بعد از تصحیح ۵۴

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ب		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱	لیست ماتریس‌های وارد شده و محاسباتی در نرم‌افزار PTV-Visum - اوج صبح سال ۱۳۹۷	۹
جدول ۲-۱	وسایل نقلیه تعریف شده در نرم‌افزار PTV-Visum به همراه ضریب همسنگ و سرنشین	۱۰
جدول ۱-۲	توابع استفاده شده در مدل‌سازی تأخیر تقاطع‌ها در مطالعات برخی شهرهای کشور	۲۰
جدول ۲-۲	ضرایب توابع زمان سفر حجم در مطالعات برخی شهرهای کشور	۲۱
جدول ۳-۲	توابع زمان سفر - حجم مورد استفاده در مدل شبکه معابر شهر گرگان	۲۲
جدول ۴-۲	سرعت آزاد و ظرفیت پایه در معابر شهر گرگان	۲۳
جدول ۵-۲	توابع زمان سفر - حجم مورد استفاده در مدل شبکه معابر شهرساری	۲۶
جدول ۶-۲	سرعت آزاد و ظرفیت پایه در معابر شهر ساری	۲۷
جدول ۱-۴	RMSE٪ بر اساس گروه حجم کمان برای تخصیص روزانه	۳۸
جدول ۲-۴	درصد خطای مجاز برآورد حجم تردد وسیله همسنگ سواری هر کمان برای تخصیص روزانه	۳۸
جدول ۳-۴	تعریف آماره‌های نمودارهای مشاهده - برآورد	۴۰
جدول ۴-۴	تعیین شاخص میزان خطای مجاز حجم تردد وسیله همسنگ خطوط برش در دوره‌های زمانی مختلف	۴۱
جدول ۵-۴	RMSE٪ بر اساس گروه حجم کمان برای تخصیص ساعتی	۴۲
جدول ۶-۴	درصد خطای مجاز برآورد حجم تردد وسیله همسنگ سواری هر کمان برای تخصیص ساعتی	۴۲
جدول ۷-۴	حجم تردد روزانه کمان‌های تمام ایستگاه‌ها - اوج صبح - قبل از تصحیح	۴۷
جدول ۸-۴	حجم تردد روزانه کمان‌های تمام ایستگاه‌ها - اوج صبح - بعد از تصحیح	۴۹
جدول ۹-۴	مقایسه مجموع حجم عبوری تخصیص و شمارش حجم از ایستگاه‌های خط برش	۵۲
جدول ۱۰-۴	RMSE٪ اوج صبح برای یک روز عادی - بعد از تصحیح ماتریس	۵۵
جدول ۱۱-۴	خطای نسبی حجم تردد کمان‌ها برای اوج صبح یک روز عادی اردیبهشت ۱۳۹۷ - بعد از تصحیح	۵۵
جدول ۱۲-۴	بررسی میزان تغییر ماتریس بعد از اعمال فرآیند تصحیح ماتریس	۵۶

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ج		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

ساخت شبکه حمل و نقل شهر در نرم افزار

نرم افزار مورد استفاده برای ساخت مدل شبکه، نرم افزار PTV-VISUM نسخه ۱۶،۰ است که در پایان سال ۱۳۹۵ منتشر شده است. این نرم افزار کاملاً با امکانات GIS و نیازهای مرتبط با پایگاه داده ها سازگار است. در این بخش، مروری بر فرآیند ساخت شبکه در نرم افزار انجام می شود.

۱- ورود اطلاعات عرضه و تقاضا

مدل سازی سیستم حمل و نقل، در واقع ارزیابی اندرکنش دو بخش عرضه و تقاضاست. بخش تقاضای حمل و نقل، بیانگر میزان تقاضای سفر افراد از هر ناحیه ترافیکی به سایر نواحی ترافیکی با وسایل مختلف حمل و نقل و در زمان های مختلف از روز است. بخش عرضه ی حمل و نقل نیز همان زیرساخت ها و تسهیلاتی است که برای پاسخگویی به تقاضا فراهم شده است. در این بخش فرآیند ورود اطلاعات عرضه و تقاضای حمل و نقل به نرم افزار بیان شده است.

۱-۱- ترسیم عرضه حمل و نقل در نرم افزار PTV-VISUM

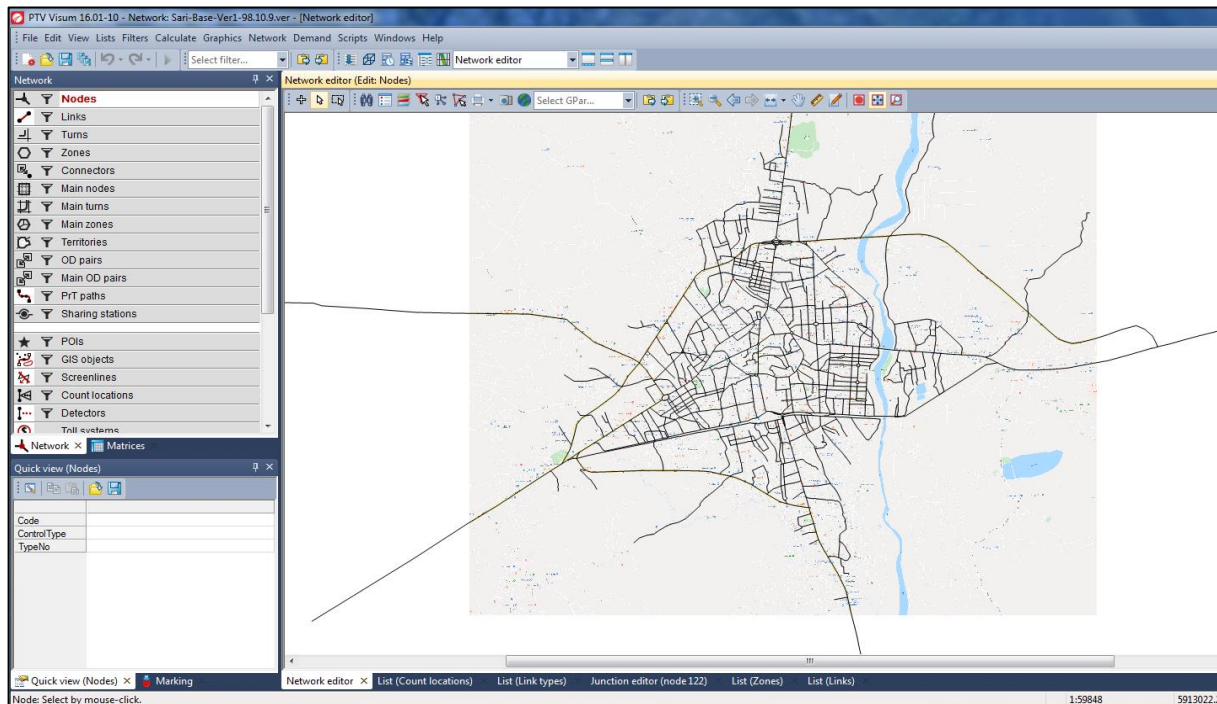
ساخت شبکه عرضه در نرم افزار PTV-VISUM با ترسیم شبکه معابر مطابق شکل ۱-۱ آغاز می شود. با انتقال فایل شبکه از نرم افزار ArcGIS یا اتوکد و یا نقشه های OpenStreetMap.org به نرم افزار PTV-VISUM ساختار اولیه شبکه در آن شکل می گیرد. در مطالعات حاضر، ساختار فیزیکی شبکه بر اساس فایل اتوکد دریافتی از کارفرما در نرم افزار PTV-VISUM وارد و اطلاعات توصیفی آن بر اساس برداشت میدانی اطلاعات مقطع عرضی کلیه معابر، تکمیل شد. هر کمان دو جهتی بوده و با دو گره در دو طرف آن تعریف می شود. برای هر کمان مشخصاتی مانند رده عملکردی، تعداد خط عبوری، سرعت، ظرفیت و غیره تعریف شده و گردش های مجاز در گره های دو انتهای کمان تعریف می شود. در شکل ۱-۲ و شکل ۱-۳ پنجره ورود مشخصات فوق برای کمان و گره مشاهده می شود. کنترل یک طرفه یا دوطرفه بودن معبر، مجاز بودن گردش ها به ویژه دوربرگردان ها و مواردی از این دست در این مرحله انجام می شود. برای هر تقاطع چراغدار، مشخصات چرخه شامل طول چرخه و زمان سبز در هر جهت وارد می شود.

رده بندی عملکردی معابر شهر ساری بر مبنای ضوابط موجود و وضعیت دسترسی ها و سرعت جریان آزاد معابر انجام شده است که در شکل ۱-۴ به نمایش درآمده است. لازم به ذکر است که از عرض تمام معابری که پارک حاشیه ای در آن ها مجاز است به اندازه ۲/۵ متر برای لحاظ نمودن اشغال حاشیه خیابان توسط

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

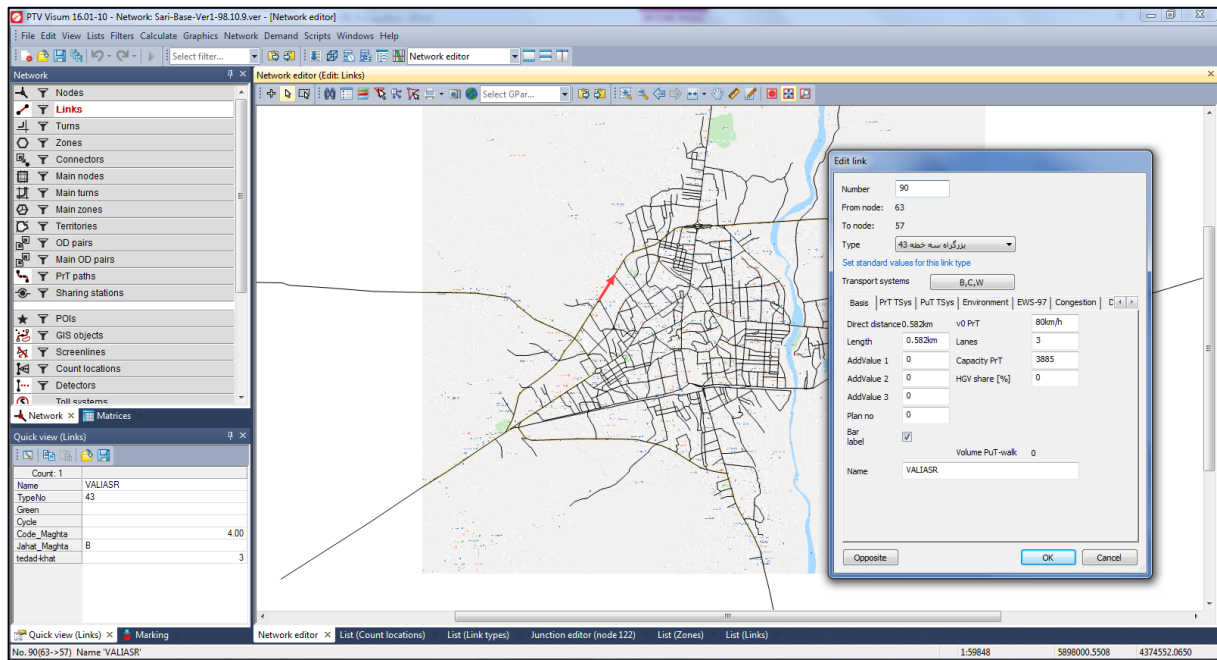
خودروهای پارک شده کسر شده است. در شکل ۱-۴ رده‌بندی عملکردی معابر شهر ساری نمایش داده شده است.

پیش از وارد کردن اطلاعات تقاضا، باید ناحیه‌بندی ترافیکی شهر ساری مطابق شکل ۱-۵ در نرم‌افزار PTV-VISUM وارد شود. در واقع، تمام متغیرهای اقتصادی-اجتماعی و ماتریس‌های سفر بر اساس تعداد ناحیه‌های ترافیکی تعریف و در نرم‌افزار وارد می‌شوند.

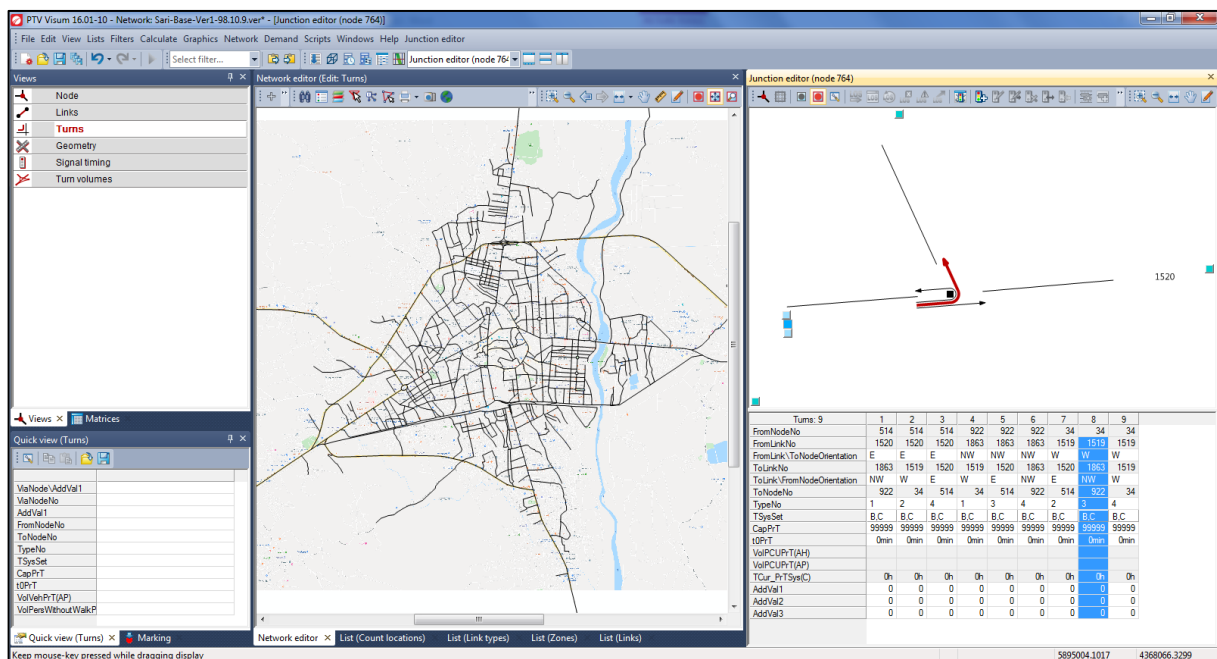


شکل ۱-۱- شبکه معابر شهر ساری در نرم‌افزار PTV-VISUM

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

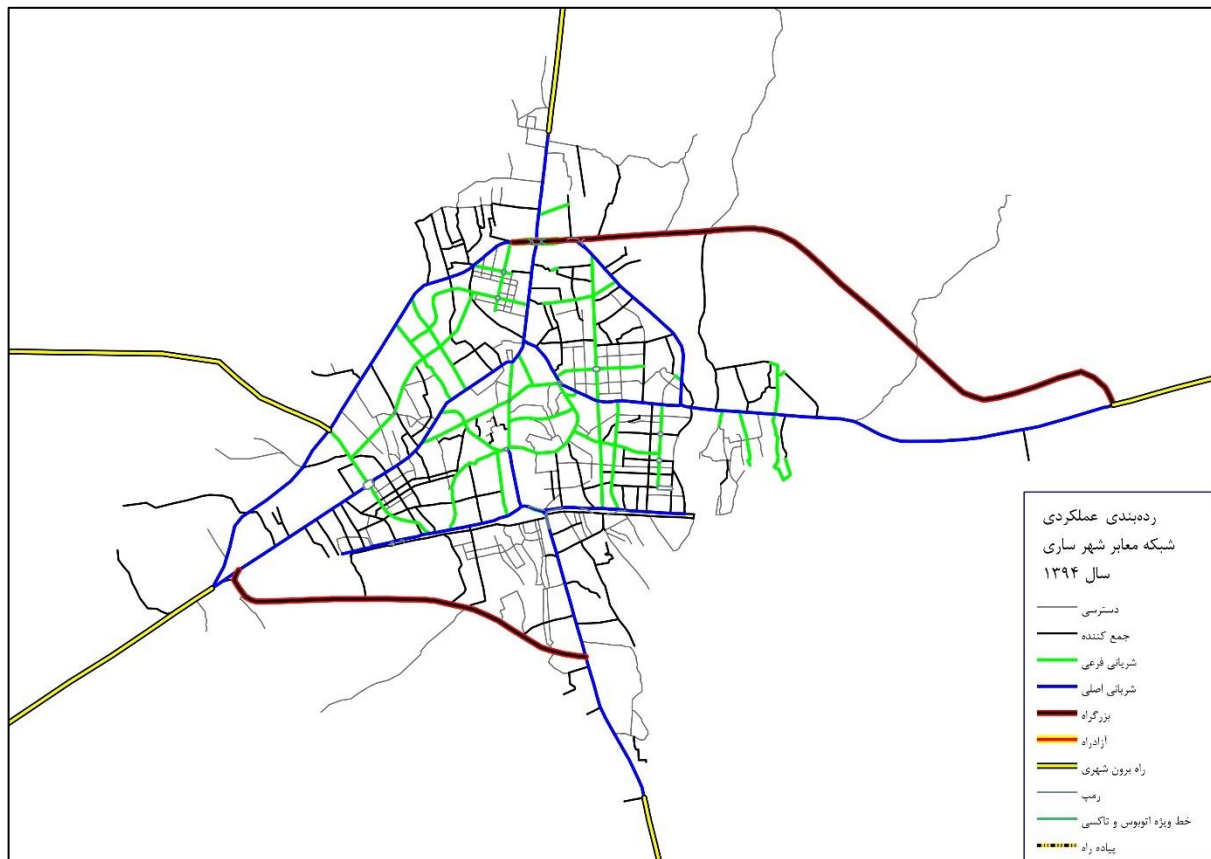


شکل ۱-۲- پنجره ورود مشخصات عملکردی کمان



شکل ۱-۳- پنجره ثبت حرکت های مجاز در گره ها

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳		ويرايش اول		ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	۰۳	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷			



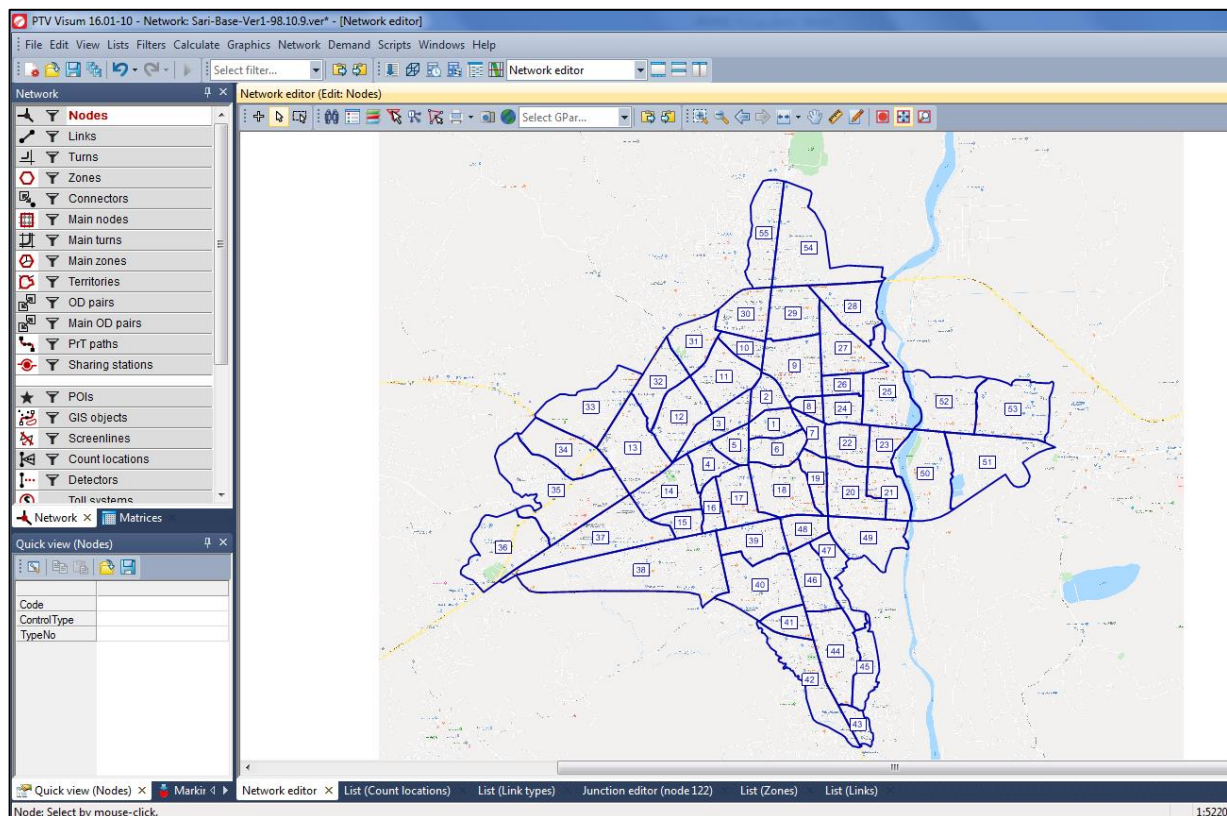
شکل ۱-۴- رده‌بندی عملکردی معابر شهر ساری در نرم‌افزار VISUM

گام بعد در تکمیل شبکه عرضه، ترسیم پیونددهنده^۱ یا رابط مرکز ناحیه است. در ترسیم پیونددهنده سعی شده نکات زیر تا حد امکان رعایت شود، با این حال گاهی ممکن است برخی از آن‌ها به دلیل وجود محدودیت‌هایی رعایت نشده باشند:

- ۱- عدم اتصال پیونددهنده‌ها به تقاطع‌ها و میدان‌ها
- ۲- عدم اتصال پیونددهنده‌ها (ی حمل و نقل شخصی) به گره‌های خارج از ناحیه ترافیکی
- ۳- اتصال پیونددهنده‌ها به گره‌های اتصال خیابان‌های محلی که مدل نشده‌اند، خیابان‌های جمع و پخش کننده یا خیابان‌های محلی اصلی
- ۴- توجه به جهت تردد در پیونددهنده با توجه به جهت حرکت معبر متصل شده.

^۱ Connector

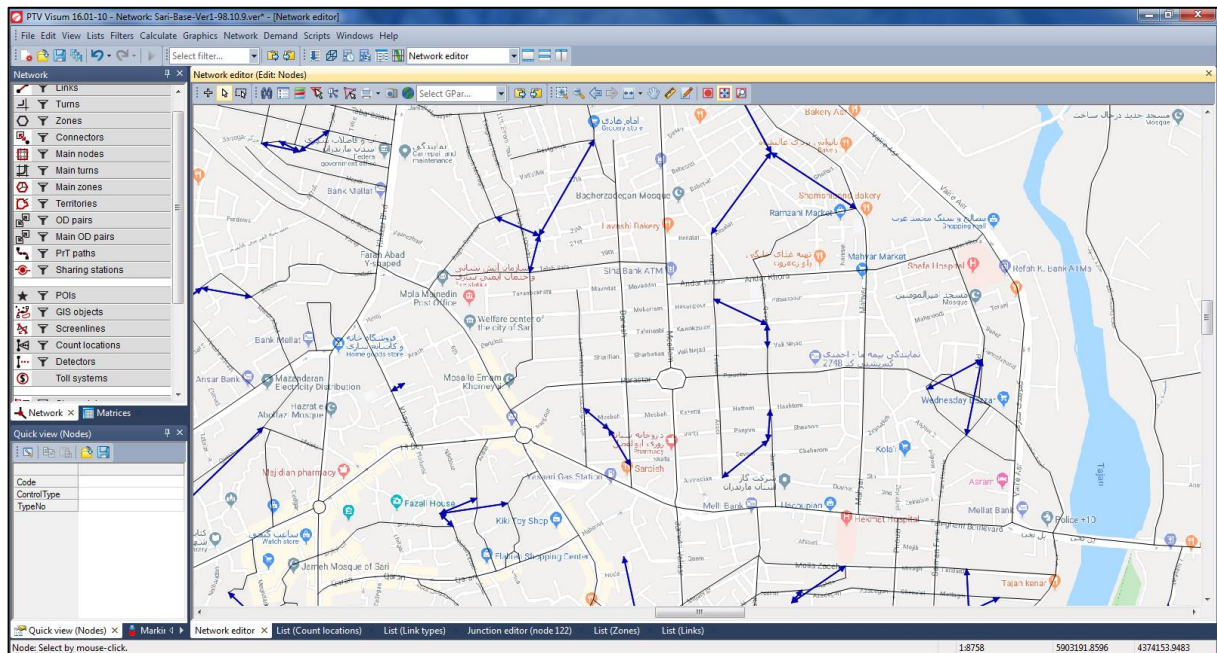
 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		



شکل ۱-۵- ناحیه بندی داخلی ترسیم شده در نرم افزار VISUM

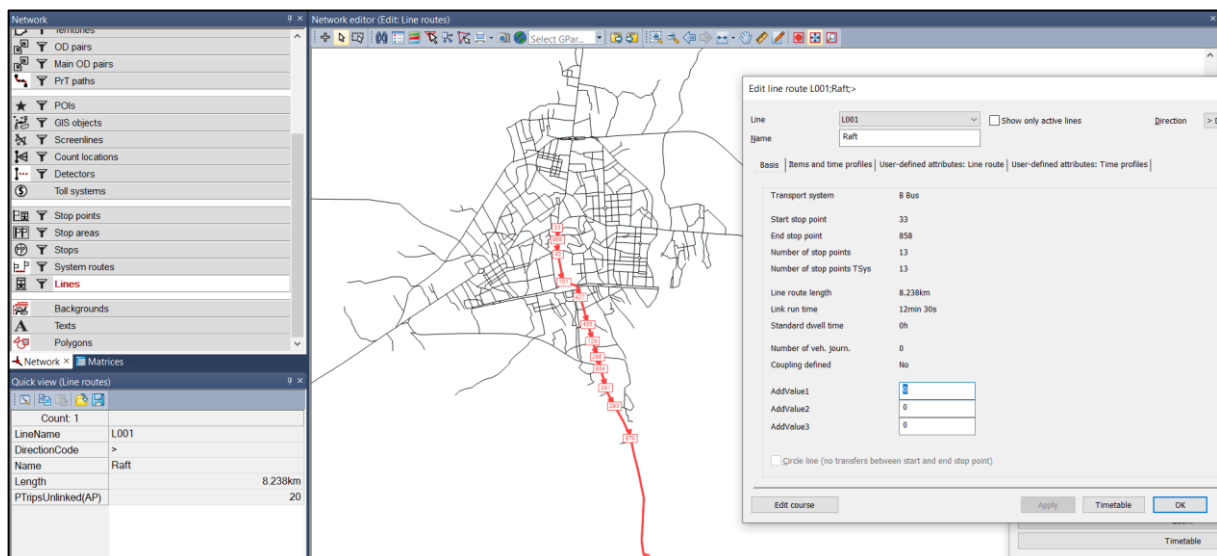
به منظور ترسیم پیونددهنده‌ها نیاز به یک نقشه قابل اطمینان از عوارض شهری مانند: معابر، بلوک‌های ساختمانی و عوارض طبیعی است تا محل‌های ورود و خروج افراد در مرز نواحی ترافیکی (کوچه‌ها) ایجاد شود. بدین ترتیب برای هر ناحیه ترافیکی چندین پیونددهنده برای حمل و نقل شخصی و همگانی ترسیم شده است تا تقاضای تولید و جذب شده معابر از طریق آن‌ها بر شبکه اعمال شود که در شکل ۱-۶ نمایش داده شده است.

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۵		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		



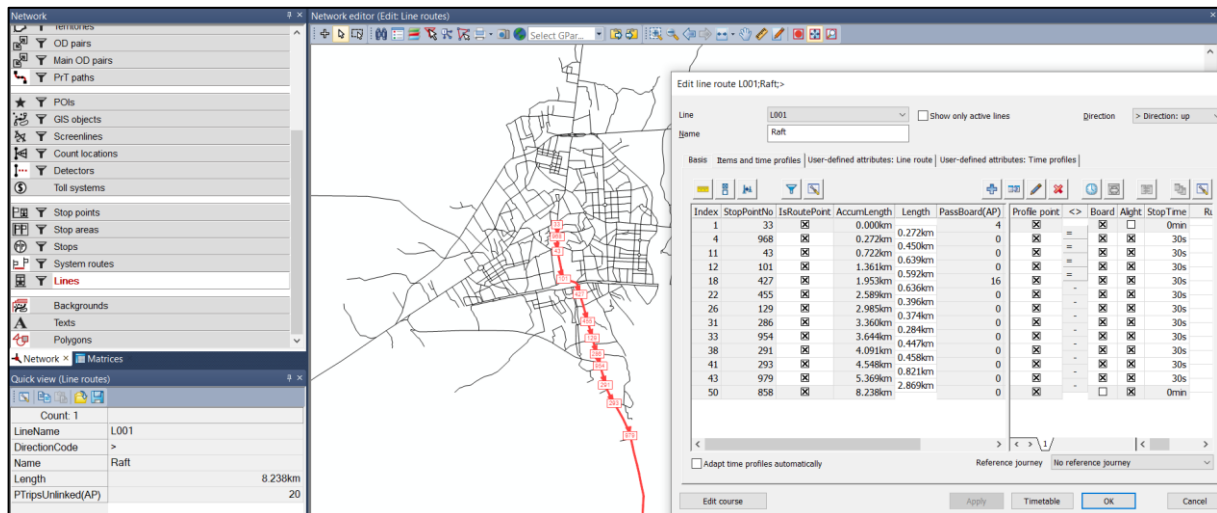
شکل ۱-۶- نمونه‌ای از پیوند دهنده‌های ترسیم شده در نرم‌افزار VISUM

پس از تکمیل شبکه عرضه حمل و نقل شخصی، باید خطوط اتوبوس و ایستگاه‌های آن‌ها در شبکه ترسیم شود. ابتدا به تعداد خطوط اتوبوسرانی برداشت شده، شماره خط تعریف و برای هر خط یک جهت رفت و یک جهت برگشت مطابق شکل ۱-۷ تعریف می‌شود. سپس ایستگاه‌هایی که مربوط به هر خط باشند، مطابق شکل ۱-۸ انتخاب می‌شوند. ایستگاه‌های اتوبوس ممکن است روی کمان یا روی گره تعریف شوند و ضرورتی برای ایجاد یک گره در کمان برای درج ایستگاه نیست. در شکل ۱-۹ نمایی از تمام خطوط اتوبوسرانی ترسیم‌شده در نرم‌افزار PTV-Visum نمایش داده شده است.

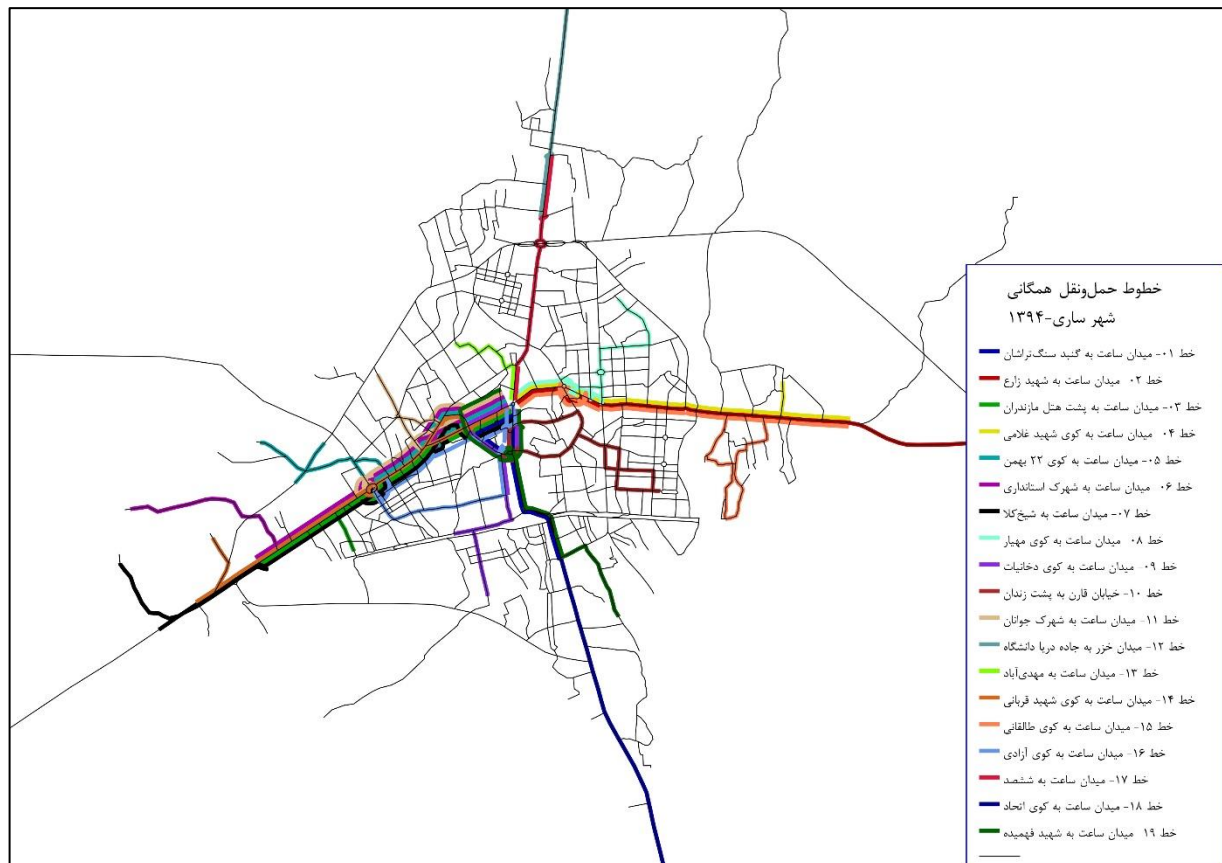


شکل ۱-۷- پنجره تعیین مشخصات خط اتوبوس

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۶		ویرایش اول		ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش			
	۱۳۹۸ اسفند	۸۷۲۰۷	۰۳			



شکل ۱-۸- انتخاب ایستگاه‌های اتوبوس هر خط



شکل ۱-۹- خطوط اتوبوس ترسیم شده در نرم افزار Visum

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۷		ویرایش اول		ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

۲-۱- ورود اطلاعات تقاضای حمل و نقل در نرم افزار PTV-VISUM

ماتریس‌های سفر در سال پایه و مجموعه متغیرهای اقتصادی-اجتماعی مورد استفاده در ساخت مدل‌های ایجاد سفر و تفکیک سفر در این بخش وارد نرم‌افزار شده است. ماتریس‌های مشاهده سفر که از آماربرداری‌های مختلف استخراج شده، در این بخش با یکدیگر تلفیق شده است.

به منظور محاسبه ماتریس‌های نهایی تخصیص اطلاعات پایگاه‌های داده‌ی مبدأ-مقصد ساکنین، دروازه‌های مسافری و باری استفاده شده است. ماتریس‌های هر یک از این پایگاه‌های داده به تفکیک وسایل نقلیه مختلف و بازه‌های زمانی گوناگون قابل محاسبه است.

در جدول ۱-۱ مشخصات ماتریس‌های تقاضای وارد شده و محاسبه‌شده در نرم‌افزار PTV-Visum برای اوج صبح شهر ساری ارائه گردیده است. در این جدول علاوه بر کد و نام و واحد هر ماتریس، مجموع مقادیر آن نیز ارائه گردیده است. درخور یادآوری است که با توجه به پایگاه داده مبدأ-مقصد شهر ساری، اوج صبح سفرهای ساکنین این شهر بین ساعت ۷ تا ۸ صبح است که بر همین مبنا ماتریس‌ها استخراج شدند. بدیهی است، ساعات اوج ماتریس مبدأ-مقصد و خط برش اندکی با هم تفاوت خواهند داشت. چرا که مدت زمانی طول می‌کشد تا فرد پس از آغاز سفر خود، در شبکه (مخصوصاً خط برش) حاضر شود. ساعت اوج صبح سفرها در آمارگیری شمارش حجم کمان منفرد و خطوط برش معمولاً اختلافی در حدود ۱۵ تا ۳۰ دقیقه با ساعت اوج سفرهای ماتریس مبدأ-مقصد دارد.

همچنین در جدول ۲-۱ لیست وسایل نقلیه وارد شده در نرم‌افزار PTV-Visum به همراه مقدار همسنگ سواری و ضریب سرنشین آن‌ها ارائه گردیده است.

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۸		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار  شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

جدول ۱-۱- لیست ماتریس‌های وارد شده و محاسباتی در نرم‌افزار PTV-Visum - اوج صبح سال ۱۳۹۷

شماره	کد ماتریس	نام ماتریس	وسیله نقلیه	واحد	مجموع اوج صبح
۱	MAM1	ماتریس تعداد سفرهای دروازه‌ای مسافر (پایگاه داده مبدا-مقصد سفرهای دروازه‌ای مسافری)	سواری	وسیله نقلیه	۱۳۸۶۵
۲	MAM2		تاکسی	وسیله نقلیه	۳۰۰۳
۳	MAM3		ون	وسیله نقلیه	۳۰
۴	MAM4		اتوبوس	وسیله نقلیه	۰
۵	MAM5		مینی بوس	وسیله نقلیه	۸۹۹
۶	MAM6		دوچرخه	وسیله نقلیه	۰
۷	MAM7		موتور	وسیله نقلیه	۲۶۶
۸	MAM8		سایر وسایل	وسیله نقلیه	۵۴۳
۹	BAM9	ماتریس تعداد سفرهای دروازه‌ای بار (پایگاه داده مبدا-مقصد سفرهای دروازه‌ای باری)	سایر وسایل	وسیله نقلیه	۱
۱۰	BAM11		وانت	وسیله نقلیه	۱۰۸۷
۱۱	BAM121		خاور	وسیله نقلیه	۵۵
۱۲	BAM122		کامیون	وسیله نقلیه	۳۷۵
۱۳	BAM123		تانکر	وسیله نقلیه	۱۲
۱۴	BAM124		تریلی	وسیله نقلیه	۱۶
۱۵	TRAM1	ماتریس نفر-سفر نواحی داخلی	خودروی شخصی راننده	نفر-سفر	۲۹۶۰۴
۱۶	TRAM2		خودروی شخصی همراه	نفر-سفر	۹۳۲۴
۱۷	TRAM3		پایاده	نفر-سفر	۲۶۹۵۶
۱۸	TRAM4		تاکسی	نفر-سفر	۱۴۴۲۲
۱۹	TRAM5		مسافرکش	نفر-سفر	۹۳۵
۲۰	TRAM6		تاکسی تلفنی	نفر-سفر	۱۱۷۲۶
۲۱	TRAM7		سرویس مدرسه سواری	نفر-سفر	۱۰۴۵۵
۲۲	TRAM8		سرویس مدرسه ون	نفر-سفر	۸۷۲
۲۳	TRAM9		ون	نفر-سفر	۴۰۶
۲۴	TRAM10		اتوبوس	نفر-سفر	۱۶۶۳
۲۵	TRAM11		مینی بوس	نفر-سفر	۱۶۹
۲۶	TRAM12		دوچرخه	نفر-سفر	۳۳۲
۲۷	TRAM13		موتورسیکلت	نفر-سفر	۸۶۶
۲۸	TRAM14		وانت سنگین	نفر-سفر	۵۷۹
۲۹	TRAM15		سایر وسایل	نفر-سفر	۲۴۷
۳۰	TRAM-All-Pass	ماتریس ساکنین تمام وسایل نقلیه	تمام وسایل	نفر-سفر	۹۷۳۴۰
۳۱	TRAM-ALL-Veh	ماتریس ساکنین تمام وسایل نقلیه	تمام وسایل	وسیله نقلیه	۳۴۴۱۲
۳۲	TRAM-PCU	ماتریس ساکنین تمام وسایل نقلیه	تمام وسایل	همسنگ سواری	۴۰۱۶۹
۳۳	AM-Gate-Fr-PCU	ماتریس تعداد سفرهای دروازه‌ای باری	تمام وسایل باری	همسنگ سواری	۲۲۳۳
۳۴	AM-ALLTRips-PCU	ماتریس کل سفرها	تمام وسایل	همسنگ سواری	۶۰۵۳۸

جدول ۱-۲- وسایل نقلیه تعریف شده در نرم افزار PTV-Visum به همراه ضریب همسنگ و سرنشین

شماره وسیله	نام وسیله	وسایل نقلیه زیر مجموعه	ضریب سرنشین وسایل زیرمجموعه	ضریب همسنگ سواری
۱	سواری	سواری راننده	۱/۷۱	۱
		سواری همراه	۱/۷۱	
۲	تاکسی	تاکسی	۲/۷۱	۲
		ون	۳/۵۶	
		تاکسی تلفنی	۲/۷۱	
		مسافرکش	۲/۷۱	
۳	سرویس	سرویس سواری	۱/۷۱	۱
		سرویس مینی بوس	۵/۶	۲
۴	دوچرخه	دوچرخه	۱	۰/۵
۵	موتور	موتور	۱/۳۵	۰/۵
۶	اتوبوس واحد	اتوبوس واحد	۱۱/۶۵	۵
۷		مینی بوس	۵/۶	۲
		وانت	۱/۴۸	۱
		سایر	۱/۳۷	۱
۸	پیاده	پیاده	۱	-

۲- ساخت مدل های زمان سفر - حجم در معابر و تقاطع ها

یکی از مهم ترین معیارهای تصمیم گیری افراد برای انتخاب مسیر، زمان سفر است. سایر معیارها (مانند زیبایی و راحتی) یا قابل کمی کردن نیستند و یا تا حد زیادی به زمان سفر وابسته هستند (مانند هزینه سفر). از این رو معمولاً مبنای تخصیص تقاضای سفر به کمان ها، کمترین زمان سفر بین مبدأ و مقصد سفرها بر اساس ظرفیت کمان های شبکه است که به کمک توابع زمان سفر - حجم محاسبه می شود. این توابع که توابع عملکرد^۱ معابر نیز نامیده می شوند، رابطه بین زمان سفر یا تأخیر در معابر را با حجم ترافیک آن ها نشان می دهند. علاوه بر مشخصات فیزیکی، حجم و ترکیب ترافیک، عوامل دیگری چون چگونگی رفتار رانندگان و شرایط خاص منطقه ای نیز بر زمان سفر اثرگذار است. بنابراین ضروری است پس از انتخاب شکل کلی تابع زمان سفر - حجم برای هر سلسله مرتبه از معابر شهر ساری بر اساس مطالعات پیشین، ساخت و پرداخت آن بر اساس آمارگیری های حجم تردد و زمان سفر انجام و اعتبارسنجی شود.

^۱ Performance function

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۰		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

۱-۲- مروری بر توابع زمان سفر - حجم کمان ها

برای توابع زمان سفر - حجم مدل های ریاضی متفاوتی پیشنهاد شده که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می شود [1] و [2]:

۱. در سال ۱۹۶۲، اسماک برای مطالعات دیترویت شکل کلی زیر را پیشنهاد کرد:

$$t = t_0 \exp(V/Q_s)$$

که در این تابع:

t = زمان سفر بر واحد مسافت (برحسب دقیقه بر کیلومتر) (min/km)

t_0 = زمان سفر بر واحد مسافت در شرایط جریان آزاد (min/km)

V = حجم جریان در کمان (همسنگ سواری در ساعت)

Q_s = ظرفیت کمان

۲. در سال ۱۹۶۷، اورگاد ساختار تابع پیشنهاد شده توسط اسماک را به شکل زیر تبدیل کرد:

$$t = t_0 \alpha^{\beta(V/Q_p)}$$

که در این رابطه:

t = زمان سفر بر واحد طول (min/km)

t_0 = زمان سفر آزاد (min/km)

V = حجم جریان در کمان

Q_p = ظرفیت عملی کمان

α, β = پارامترهای مدل

است.

۳. اداره راه فدرال ایالت متحده امریکا در سال ۱۹۶۴ مدلی به شکل زیر ارائه داد که با نام تابع BPR^۱

شناخته می شود و اکثر توابعی که بعدها نیز ارائه شد دارای شکل و فرم این تابع هستند:

$$t = t_0 [1 + a(V/Q)^b]$$

که در آن،

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

^۱ Bureau of Public Roads

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۱		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

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

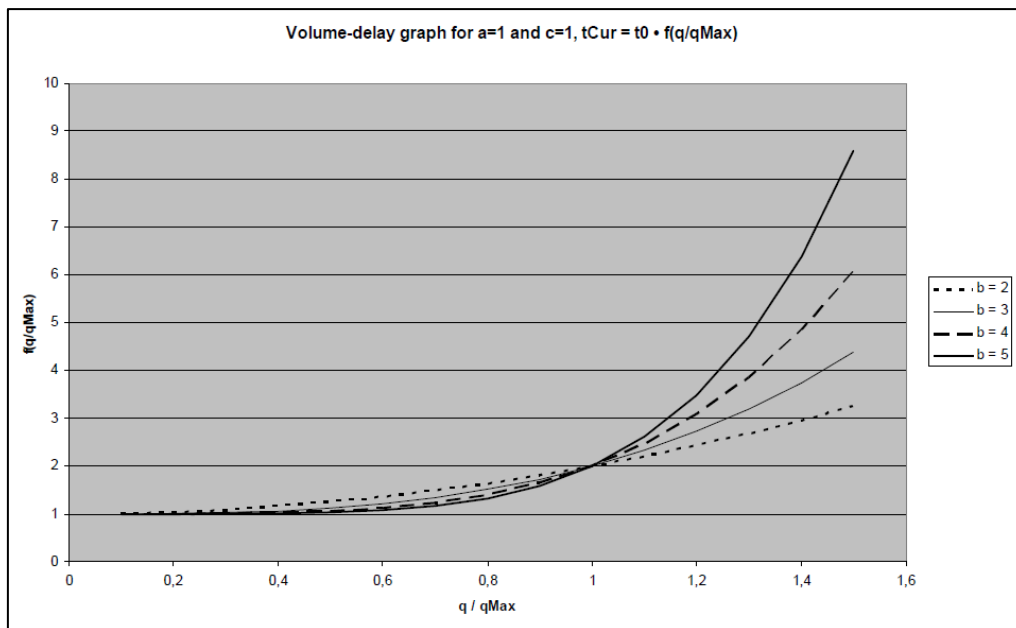
V = حجم جریان ترافیک (بر حسب وسیله نقلیه همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور در ساعت)،

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

a و b = پارامترهای مدل

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

جهان و ایران $a = 0.15$ و $b = 4$ پیشنهاد شده است [1].



شکل ۱-۲- مثالی از تابع زمان سفر - حجم از نوع BPR

۴. مدل BPR2:

$$t_{cur} = t_0 (1 + a \cdot sat^b) \quad sat \leq sat_{crit}$$

$$t_{cur} = t_0 (1 + a \cdot sat^{b'}) \quad sat > sat_{crit}$$

$$sat_{crit} = 1$$

$$a \in [0.00; \infty), b \& b' \in \{0.00 \dots 10.00\}$$

که در این روابط،

$$sat = \frac{V}{Q}$$

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،

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۲		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

t_{cur} = زمان سفر کمان در شرایطی که حجم V در آن جریان دارد و

sat_{crit} = درجه اشباع است.

۵. مدل BPR3:

$$t_{cur} = t_0 (1 + a \cdot sat^b) \quad sat \leq sat_{crit}$$

$$t_{cur} = t_0 (1 + a \cdot sat^b) + (V - Q)d \quad sat > sat_{crit}$$

$$sat_{crit} = 1$$

$$a \in [0.00; \infty), b \in \{0.00 \dots 10.00\}, d \in \{0.00 \dots 100.00\}$$

۶. مدل CONICAL (Spiess):

$$t_{cur} = \left(2 + \sqrt{a^2 (1 - sat)^2 + b^2} - a(1 - sat) - b \right) t_0$$

$$b = \frac{2a - 1}{2a - 2}$$

$$a \in [1.1; 100)$$

۷. مدل EXPONENTIAL:

$$t_{cur} = t_0 + \frac{e^{a \cdot sat}}{b} \quad sat \leq sat_{crit}$$

$$t_{cur} = t_0 + \frac{e^{a \cdot sat_{crit}}}{b} + d(sat - sat_{crit}) \quad sat > sat_{crit}$$

$$sat_{crit} \in [0.00; 10]$$

$$a \in [0.0001; 100], b \in [0.0001; 10000], d \in [0.0001; 10000]$$

۸. مدل INRETS:

$$t_{crit} = t_0 \cdot \frac{1.1 - a \cdot sat}{1.1 - sat} \quad sat \leq sat_{crit}$$

$$t_{crit} = t_0 \cdot \frac{1.1 - a}{0.1} \cdot sat^2 \quad sat > sat_{crit}$$

$$sat_{crit} = 1$$

$$a \in (0.00 \dots 1.10]$$

۹. مدل LOHSE:

$$t_{cur} = t_0 (1 + a \cdot sat^b) \quad sat \leq sat_{crit}$$

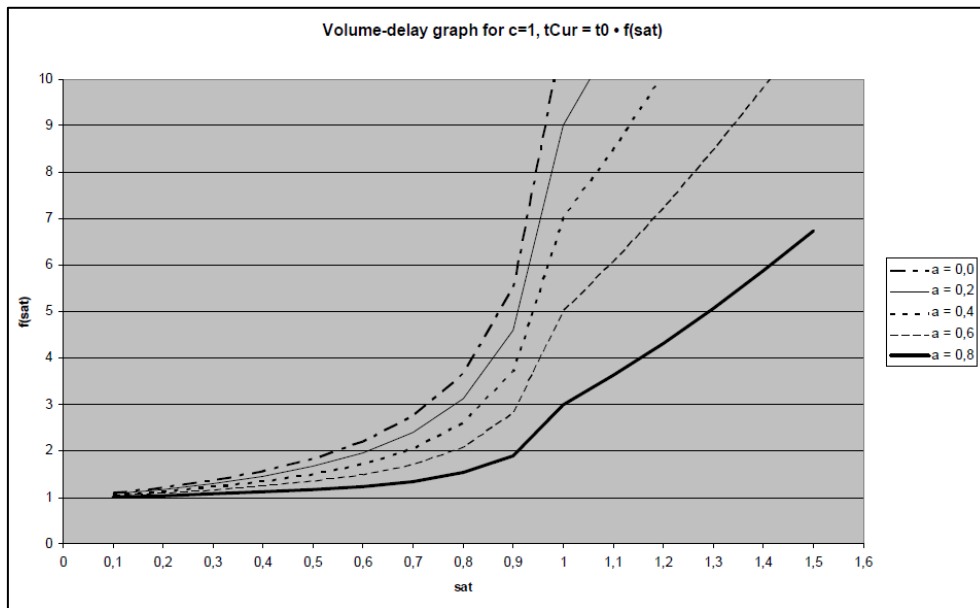
$$t_{cur} = t_0 (1 + a \cdot sat_{crit}^b) + a \cdot b \cdot t_0 \cdot sat_{crit}^{b-1} (sat - sat_{crit}) \quad sat > sat_{crit}$$

$$sat_{crit} \in [0.00; 10]$$

$$a \in [0.00; 1000]$$

$$b \in [0.00; 10]$$

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۳		ويرايش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار  شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	



شکل ۲-۲- تابع زمان سفر - حجم از نوع INRETS، $t_{cur}=t_0 \cdot f(sat)$

متداول ترین مدلی که در اکثر مطالعات انجام شده در شهرهای مختلف جهان و ایران استفاده شده، مدل BPR است، لذا در این مطالعه نیز از همین مدل استفاده خواهد شد. ظرفیت عملی (Q) بر اساس مطالعات قبلی تعیین شده و زمان سفر آزاد (t_0) نیز بر اساس سرعت مجاز شبکه تعیین می شود. برای ساخت مدل (تعیین یا اصلاح مقادیر در نظر گرفته شده برای a و b در هر سلسله مرتبه از معابر)، در تعدادی از معابر شهر با انجام آمارگیری زمان سفر در طول ساعات اوج و غیراوج، مقدار اولیه اختصاص یافته برای این ضرایب ارزیابی و نهایتاً مقدار مناسب پرداخت می شود.

۲-۲- مروری بر توابع تأخیر در تقاطع چراغدار

یکی از اطلاعات مورد نیاز مدل های تخصیص ترافیک در برنامه ریزی حمل و نقل شهری، آگاهی از میزان تأخیر در تقاطع های با چراغ راهنمایی است. زمان تأخیر در یک تقاطع به عوامل متعددی از جمله چگونگی رفتار رانندگان و شرایط خاص منطقه ای، مشخصات فیزیکی تقاطع و خیابان های ورودی به آن، فازبندی چراغ در تقاطع، حجم و ترکیب ترافیک در خیابان های ورودی به آن بستگی دارد. وابستگی زمان تأخیر در تقاطع های چراغدار به حجم ترافیک تمام خیابان های ورودی به تقاطع نه تنها کار ساخت مدل های زمان تأخیر را دشوار می سازد بلکه حل مسئله تخصیص ترافیک را بسیار مشکل و برای شبکه های واقعی حتی غیرممکن می سازد.

فرض بالا نه تنها برای تقاطع های بدون چراغ راهنمایی صحیح نیست، بلکه حتی در موارد زمان سفر در

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۴		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

یک خیابان و زمان تأخیر در تقاطع‌های با چراغ راهنمایی هم همواره صحیح نیست. در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی حجم و تعداد حرکت‌های متداخل تأثیر بسیار زیادی در زمان تأخیر در تقاطع دارند و تابع زمان تأخیر را باید به صورت تابعی از حجم جریان ترافیک کلیه خیابان‌های ورودی به تقاطع در نظر گرفت، ولی همان‌طور که قبلاً اشاره شد اولاً ساخت چنین تابعی مشکل است و ثانیاً در نظریه‌ی این‌گونه توابع در تخصیص ترافیک بسیار دشوارتر است. از این‌رو، در بیشتر مطالعات جامع حمل و نقل از در نظریه‌ی این تأخیرها صرف نظر شده یا به صورت مقداری ثابت در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری این نکته ضروری است که معمولاً در تقاطع‌های با حجم جریان ترافیک زیاد در تمام خیابان‌های ورودی به تقاطع چراغ راهنمایی نصب می‌شود. در واقع در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی معمولاً حجم جریان ترافیک در برخی از خیابان‌های ورودی به تقاطع کم است و در نتیجه میزان تأخیر پایین است ولی در طراحی و توسعه شبکه‌های حمل و نقل که هنوز برآوردی از حجم جریان ترافیک در شبکه در دست نیست، محل تقاطع‌های با حجم ترافیک بالا هم مشخص نیستند. از آنجایی که برای دستیابی به یک برآورد خوب از میزان جریان ترافیک در خیابان‌های شبکه بایستی برآورد قابل قبولی از میزان تأخیر در تقاطع‌ها داشت، لازم است برای تقاطع‌های بدون چراغ هم توابع زمان تأخیری که وابسته به حجم ترافیک باشند در دست داشت.

در تقاطع‌های با چراغ راهنمایی، تابع زمان تأخیر برای هر خیابان ورودی به تقاطع را می‌توان تنها بر حسب حجم جریان ترافیک همان خیابان و زمان‌های سبز و قرمز چراغ نوشت و از وابستگی آن به حجم جریان ترافیک دیگر خیابان‌های ورودی به تقاطع، خصوصاً حرکت‌های هم فاز، صرف نظر کرد. مدل‌های ریاضی مختلفی برای تابع زمان تأخیر در تقاطع‌های با چراغ راهنمایی پیشنهاد شده است. یکی از مدل‌های اولیه، مدل وبستر^۱ است که به صورت زیر بیان می‌شود [3]:

$$d = \frac{c \left[1 - \left(\frac{g}{c} \right) \right]^2}{2 \left[1 - \left(\frac{V}{s} \right) \right]} + \frac{\left(\frac{V}{Q} \right)^2}{2V \left[1 - \frac{V}{Q} \right]} - 0.65 \left(\frac{Q}{V^2} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{V}{Q} \right)^{2.5 \left(\frac{c}{g} \right)}$$

که در آن:

d = متوسط زمان تأخیر برای عبور از تقاطع در خیابان مورد نظر ورودی به تقاطع (ثانیه)،

g = طول زمان سبز در جهت خیابان مورد نظر (ثانیه)،

^۱ Webster

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۵		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار  شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

c = طول سیکل (ثانیه)،

Q = ظرفیت خیابان (وسیله در ساعت بر یک متر عرض عبور)،

V = حجم تردد وسایل نقلیه (وسیله در ساعت بر یک متر عرض عبور)،

s = نرخ تردد اشباع.

در این مدل، فرض بر این است که حجم ترافیک کمتر از ظرفیت است و همان طور که ملاحظه می شود این رابطه دارای سه قسمت است. قسمت اول با فرض ورود یکنواخت و با استفاده از نظریه صف به دست می آید. قسمت دوم مربوط به تأخیر تصادفی و قسمت سوم این رابطه نقش تصحیح تأخیر به دست آمده را دارد. در واقع قسمت سوم، مقدار تأخیر به دست آمده از دو قسمت اول را تا حدی کاهش می دهد. لذا، می توان را حذف کرد و اثر آن را به صورت یک ضریب کاهنده اثر داد. بنابراین، این رابطه بیشتر به صورت رابطه زیر استفاده می شود:

$$d = \frac{1}{9} \left\{ \frac{(c-g)^2}{2c \left[1 - \left(\frac{V}{s} \right) \right]} + \frac{\left(\frac{V}{Q} \right)^2}{2V \left[1 - \left(\frac{V}{Q} \right) \right]} \right\}$$

راهنمای ظرفیت راهها سال ۲۰۰۰ مدل زیر را برای برآورد میزان تأخیر در تقاطع های با چراغ راهنمایی پیشنهاد نمود [4]:

$$d = d_1(PF) + d_p + d_r$$

d = تأخیر ناشی از سیستم کنترل برای هر وسیله نقلیه (s/veh)،

d_1 = تأخیر یکنواخت برای هر وسیله نقلیه با فرض ورود یکنواخت (s/veh)،

$$d_1 = \frac{0.5c(1 - g/c)^2}{1 - [\min(1, X)g/c]}$$

c = طول چرخه (ثانیه)، طول چرخه در سیستم کنترل با زمان بندی ثابت استفاده می شود و در سیستم

کنترل هوشمند میانگین طول چرخه استفاده می گردد.

g = زمان سبز مؤثر برای گروه خط (ثانیه)، زمان سبز در سیستم کنترل با زمان بندی ثابت استفاده

می گردد و در سیستم کنترل هوشمند میانگین زمان سبز استفاده می شود.

X = نسبت V/C یا درجه اشباع برای گروه خط

^۱ Highway Capacity Manual (HCM) 2000

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۶		ويرايش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

PF = ضریب حرکت دسته‌ای

$$PF = \frac{(1-P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{c}\right)}$$

P = درصد وسایل نقلیه ورودی در زمان سبز

 f_{PA} = ضریب تکمیلی رانندگی گروهی مسافران در زمان سبز

d_r = تأخیر افزایشی ناشی از تغییرات، در نرخ جریان ورودی (ورودی‌های اتفاقی) و به منظور تأخیر اضافی ناشی از عدم امکان تخلیه تمامی جریان ورودی در دوره مربوطه به علت جریان بیش از ظرفیت محاسبه می‌شود و در این قسمت فرض می‌گردد صف اولیه برای گروه خط مورد نظر در شروع دوره تجزیه و تحلیل وجود ندارد (s/veh)

$$d_r = 90 \cdot T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{\lambda k I X}{cT}} \right]$$

T = طول دوره تجزیه و تحلیل (h)

k = ضریب تأخیر افزایشی که وابسته به تنظیمات کنترل گر است. برای چراغ با زمان‌بندی ثابت مقدار

 $k = 0.5$ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

I = ضریب تعدیل شمار ورودی از بالادست، ضریب تعدیل تأخیر افزایشی (I)، بیانگر اثر شمار ورودی‌ها، از چراغ‌های بالادست، بر روی تأخیر است. به منظور تحلیل چراغ تقاطع مجزا مقدار یک برای I مورد استفاده قرار می‌گیرد.

c = ظرفیت گروه خط (veh/h)

X = نسبت $\frac{V}{C}$ یا درجه اشباع گروه خط d_r = تأخیر ناشی از صف اولیه، که به منظور تأخیر اعمال شده بر کلیه وسایل نقلیه در دوره تجزیه و

تحلیل به علت وجود صف اولیه در شروع دوره تجزیه و تحلیل محاسبه می‌گردد (s/veh)،

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۷		ویرایش اول	 ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

۳-۲- مروری بر توابع مورد استفاده در مطالعات جامع حمل و نقل سایر شهرهای کشور

یکی از مطالعات اولیه انجام شده در زمینه تابع تأخیر کمان‌ها و تقاطع‌ها در سطح کشور، در چارچوب مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر مشهد (۱۳۷۵) انجام شده و اغلب مطالعات در سطح کشور از رویه انجام شده در آن پیروی کردند.

در آن مطالعات، برای برآورد تابع زمان سفر- حجم کمان‌ها، در ۲۷ خیابان از انواع رده‌بندی عملکردی، شمارش حجم تردد و زمان سفر (با استفاده از روش ثبت شماره پلاک) به تفکیک وسایل نقلیه مختلف انجام شد [5]. سپس حجم همسنگ عبوری از یک متر عرض راه در یک ساعت محاسبه و تابع برای متوسط مشاهده‌های انجام شده در بازه‌های ۵ دقیقه‌ای پرداخت شد. رابطه عمومی تابع زمان سفر- حجم کمان در آن مطالعه به صورت زیر است که در آن Q ، ظرفیت خیابان (وسیله بر ساعت)، V حجم تردد وسایل نقلیه (وسیله در ساعت بر یک متر عرض عبور) و t_0 ضریب ثابت مدل است که بسته به رده عملکردی کمان تغییر می‌نماید:

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

برای ساخت تابع تأخیر در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی، ۴ تقاطع با ویژگی‌های مختلف انتخاب و آمارگیری شمارش حجم تمام وسایل و زمان سفر در جهت عبور از تقاطع برای نمونه‌ای از وسایل انجام شد [6]. چارچوب اصلی مدل به صورت رابطه زیر است که در آن V حجم جریان ترافیک در خیابان ورودی، Q ظرفیت عملی خیابان ورودی و b و c ضرایب ثابت مدل هستند:

$$d = a \times m \times \left[b + c * \left(\frac{V}{Q} \right)^2 \right]$$

مقدار پارامتر ضریب تأخیر (a) نشان‌دهنده اثر حق تقدم هر ورودی نسبت به سایر ورودی‌های تقاطع است. واضح است که برای ورودی‌های با حق تقدم، مقدار این ضریب باید کمتر از ورودی‌های بدون حق تقدم باشد. مقدار این پارامتر برای هر خیابان به صورت زیر تعیین شده است:

$$\left. \begin{array}{l} \text{اگر خیابان ورودی بدون حق تقدم باشد.} \\ \text{اگر خیابان ورودی شریانی درجه ۱ یا شریانی درجه ۲ و با حق تقدم باشد.} \\ \text{اگر خیابان ورودی تندراه، آزادراه یا جاده اصلی و دارای حق تقدم باشد.} \end{array} \right\} = a$$

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۸		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

پارامتر m تعداد حرکت‌های مجاز در تقاطع را نشان می‌دهد. واضح است که هرچه تعداد حرکت‌ها در یک تقاطع بیشتر باشد، میزان تأخیر در تقاطع هم افزایش می‌یابد.

برای ساخت تابع تأخیر در تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی، در ۲ تقاطع چراغ‌دار شهر مشهد آمارگیری شمارش حجم تمام وسایل و زمان سفر در جهت عبور از تقاطع برای نمونه‌ای از وسایل انجام شد (در هر تقاطع، دو جهت ورودی). برای چهار جهت ورود به تقاطع‌های آماربرداری شده حداقل ۹۶۰ و حداکثر ۱۶۶۰ مشاهده زمان سفر وجود دارد. چارچوب اصلی مدل به صورت رابطه زیر است و پیشنهاد شد برای استفاده عملی از آن، ۵ ثانیه زمان تأخیر اضافه شود. علت این امر کاهش سرعت وسایل نقلیه برای توقف در انتهای صف و همچنین زمان لازم برای افزایش سرعت در زمان خروج از تقاطع برای رسیدن به سرعت عادی است.

$$d = \frac{(c - g)^2}{2c(1 - \frac{V}{s})} + a(\frac{V}{(g/c)s})b$$

که در آن:

d = متوسط زمان تأخیر برای عبور از تقاطع در خیابان مورد نظر ورودی به تقاطع (ثانیه)،

g = طول زمان سبز در جهت خیابان مورد نظر (ثانیه)،

c = طول سیکل (ثانیه)،

Q = ظرفیت خیابان (وسیله بر ساعت)،

V = حجم تردد وسایل نقلیه (وسیله در ساعت بر یک متر عرض عبور)،

s = نرخ تخلیه اشباع.

a و b = ضرایب ثابت در مدل

در جدول ۱-۲ و جدول ۲-۲ خلاصه‌ای از توابع ساخته شده برای کمان، تقاطع چراغ‌دار و تقاطع بدون چراغ در برخی شهرهای کشور ارایه شده است [7]. با توجه به اینکه رده عملکردی معابر در مطالعات شهرهای مختلف کشور متفاوت است، ضرایب تابع زمان سفر - حجم کمان برای معابر با همان نامی که در گزارش‌های مربوط به آن ارجاع داده شده، ارایه شده است.

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۱۹		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

جدول ۲-۱- توابع استفاده شده در مدل سازی تأخیر تقاطع ها در مطالعات برخی شهرهای کشور

تقاطع بدون چراغ	تقاطع چراغدار	
$d = a \times m \times \left[2.5 + 2 \times \left(\frac{V}{Q} \right)^2 \right]$	$d = \frac{(c-g)^2}{2c(1-\frac{V}{600})} + 43 \left(\frac{V}{600(g/c)} \right)^4$	مشهد (۱۳۷۵)
$d = a \times m \times \left[2.1 + 1.68 \times \left(\frac{V}{Q} \right)^2 \right]$	$d = \frac{(c-g)^2}{2c(1-\frac{V}{600})} + 17 \left(\frac{V}{600(g/c)} \right)^3$	مشهد بهنگام سازی (۱۳۸۹)
$d = a \times m \times \left[4.2 + 4.5 \times \left(\frac{V}{Q} \right)^2 \right]$	$d = \frac{(c-g)^2}{2c(1-\frac{V}{600})} + 34 \left(\frac{V}{Q} \right)^2$	کرمانشاه (۱۳۸۳)
میدان: $d = a \times m \times \left[2.5 + 0.23 \times \left(\frac{V}{Q} \right)^2 \right]$	$d = \frac{(c-g)^2}{2c(1-\frac{V}{600})} + 24.3 \left(\frac{V}{600(g/c)} \right)^{2.3}$	بندرعباس (۱۳۸۸)
چهار/سه راه: $d = a \times m \times \left[2.5 + 4.8 \times \left(\frac{V}{Q} \right)^2 \right]$		
$d = a \times m \times \left[2.5 + 2 \times \left(\frac{V}{Q} \right)^2 \right]$	$d = \frac{(c-g)^2}{2c(1-\frac{V}{600})} + 43 \left(\frac{V}{600(\frac{g}{c})} \right)^4 + 5$	قم (۱۳۸۲)

* در تمام موارد، V بر حسب همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور، d و g و C بر حسب ثانیه تعریف شده اند.

در بین شهرهای مورد بررسی، مطالعات جامع حمل و نقل شهر گرگان [7] برای اولین بار در کشور، تأخیر در تقاطع را به تفکیک گردش به گره ها اعمال کرد. در جدول ۲-۳ تابع زمان سفر- حجم مورد استفاده در مدل ترافیکی شهر گرگان ارایه شده است. ظرفیت و زمان سفر آزاد معبر (که وابسته به سرعت است) بر اساس رده عملکردی معبر مطابق جدول ۲-۴ در نظر گرفته شد. متغیرهای به کار رفته در این مدل عبارتند از:

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲۰		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

جدول ۲-۲- ضرایب توابع زمان سفر حجم در مطالعات برخی شهرهای کشور

ردیف	رده عملکردی معبر	مشهد (۱۳۷۵)		شیراز (۱۳۷۹)		مشهد (بهنگام سازی ۱۳۸۹)		کرمانشاه (۱۳۸۳)		بندرعباس (۱۳۸۸)		قم (۱۳۸۲)		
		Q	t ₀	Q	t ₀	Q	t ₀	Q	t ₀	Q	t ₀	سرعت آزاد kph	t ₀	Q
۱	دسترسی	۱۰۰	۱/۵	۱۰۰	۱/۵	۱۰۰	۱/۲	۱۴۰	۲/۰	۱۰۰	۱/۷۵	۳۰	۱/۵	۱۰۰
۲	جمع کننده	۱۶۵	۱/۳۳	۱۶۵	۱/۳۳	۱۶۵	۱/۰۹	۲۰۵	۱/۶	۱۲۰	۱/۵	۴۵	۱/۳۳	۱۶۵
۳	رمپ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴	شریانی درجه ۲	-	-	-	-	-	-	۲۱۵	۱/۵	۲۰۰	۱/۱	-	-	-
۵	شریانی درجه ۲ (تجاری)	۱۸۰	۱/۲	۱۸۰	۱/۲	۱۸۰	۱/۰	-	-	-	-	۵۰	۱/۲	۱۸۰
۶	شریانی درجه ۲ (غیرتجاری)	۱۹۰	۱/۲	۱۹۰	۱/۲	۱۹۰	۰/۹۲	-	-	-	-	۵۰	۱/۲	۱۹۰
۷	شریانی درجه ۲ (یک طرفه)	۲۱۰	۱/۱	۲۱۰	۱/۱	۲۱۰	۰/۸۶	-	-	-	-	۵۵	۱/۱	۲۱۰
۸	شریانی درجه ۱	-	-	-	-	-	-	۲۴۰	۱/۳۵	-	-	-	-	-
۹	شریانی درجه ۱ نوع اول	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۲۵	۰/۷۵	-	-	-
۱۰	شریانی درجه ۱ نوع دوم	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۰۰	۰/۸۵۷	-	-	-
۱۱	شریانی درجه ۱ (بلوار با عرض کم)	۲۱۰	۱/۰	۲۱۰	۱/۰	۲۱۰	۰/۸۶	-	-	-	-	۶۰	۱/۰	۲۱۰
۱۲	شریانی درجه ۱ (بلوار با عرض زیاد)	۲۵۰	۱/۰	۲۵۰	۱/۰	۲۵۰	۰/۷۵	-	-	-	-	۶۰	۱/۰	۲۵۰
۱۳	بزرگراه*	-	-	-	-	-	-	۳۱۰	۱/۱	۳۰۰	۰/۷	-	-	-
۱۴	تندراه	۳۱۰	۰/۸	۳۰۰	۰/۷۵	۳۱۰	۰/۷۱	-	-	-	-	۸۰	۰/۷۵	۳۷۰
۱۵	جاده فرعی دو خطه	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۶	جاده اصلی	۲۰۰	۰/۸۶	۲۰۰	۰/۸۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۷	جاده اصلی (یک خطه)	-	-	-	-	۳۸۵	۰/۶۷	-	-	-	-	-	-	-
۱۸	جاده اصلی (دو خطه)	-	-	-	-	۴۳۵	۰/۶۷	-	-	-	-	۷۰	۰/۸۶	۲۰۰

* در تمام موارد، $t = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{Q} \right)^4 \right]$ ، که t بر حسب دقیقه، V و Q بر حسب همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور تعریف شده‌اند.

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲۱		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

V = حجم تردد وسایل نقلیه (وسیله نقلیه همسنگ در ساعت)،

C = ظرفیت خیابان (وسیله بر ساعت)،

t_c = زمان سفر متراکم (ثانیه)،

t_0 = زمان سفر آزاد (ثانیه) بر اساس سرعت آزاد،

c = طول سیکل چراغ راهنمایی (ثانیه)،

g = طول زمان سبز چراغ راهنمایی در جهت خیابان ورودی به تقاطع (ثانیه)،

جدول ۲-۳ - توابع زمان سفر - حجم مورد استفاده در مدل شبکه معابر شهر گرگان [7]

نوع تابع	رده عملکرد	تابع
تابع زمان سفر - حجم کمان با رده عملکردی	شریانی درجه ۱	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^3 \right]$
	شریانی درجه ۲	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^4 \right]$
	جمع کننده	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^5 \right]$
	میدان	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^2 \right]$
تابع زمان سفر - حجم گردش‌ها در تقاطع بدون چراغ	راستگرد	$t_c = (4) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^2 \right]$
	مستقیم	$t_c = (2) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^3 \right]$
	چپگرد	$t_c = (6) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^3 \right]$
	واگرد	$t_c = (2) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^2 \right]$
تابع زمان سفر - حجم گردش‌ها در تقاطع چراغدار	راستگرد	$t_c = \left(\frac{c-g}{2} \right) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c} \right) C} \right)^2 \right]$
	مستقیم	$t_c = \left(\frac{c-g}{2} \right) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c} \right) C} \right)^3 \right]$
	چپگرد	$t_c = \left(\frac{c-g}{2} \right) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c} \right) C} \right)^3 \right]$
	واگرد	$t_c = \left(\frac{c-g}{2} \right) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c} \right) C} \right)^2 \right]$

جدول ۴-۲- سرعت آزاد و ظرفیت پایه در معابر شهر گرگان [7]

ردیف	رده عملکرد	سرعت آزاد (کیلومتر در ساعت)	ظرفیت هر خط عبور (خودرو در ساعت)
۱	شریانی درجه ۱	۷۵	۱۰۸۵
۲	شریانی درجه ۲	۶۰	۷۸۰
۳	جمع کننده	۵۰	۵۶۴
۴	دسترسی	۳۵	۳۸۵
۵	میدان	۳۰	۳۸۵

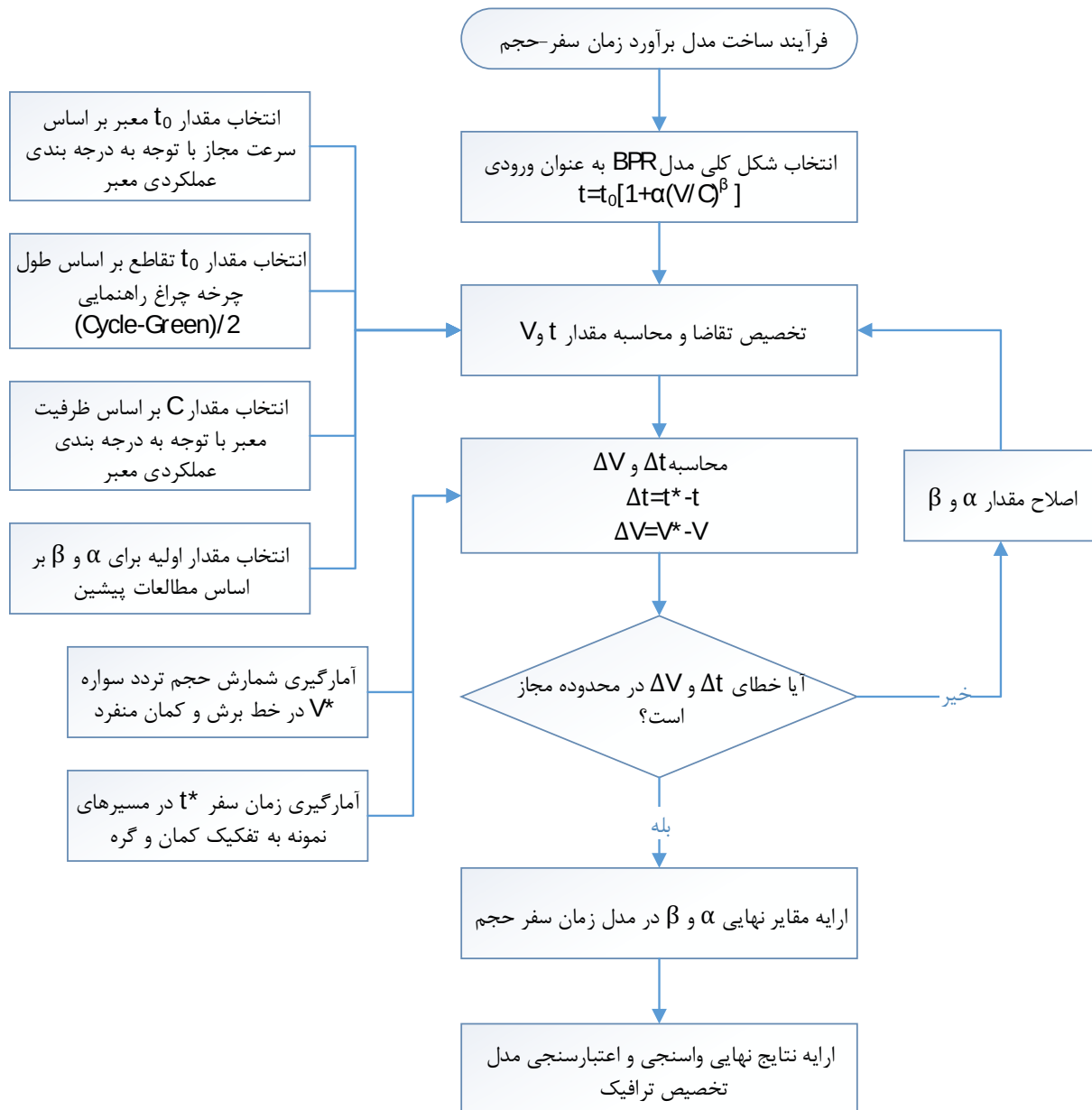
۴-۲- توابع زمان سفر - حجم برای شهر ساری

دقت برازش توابع در مطالعات شهرهای مختلف، نشان‌دهنده نوعی عدم قابلیت اطمینان در استفاده از این توابع است. چرا که به دلیل دشواری انجام آمارگیری و احتمال وجود خطا در آن و همچنین وضعیت و تعداد کمان‌ها و یا تقاطع‌های آمارگیری شده شاخص‌های دقت برازش در مدل پایین است. همچنین متغیر ظرفیت معبر و زمان سفر آزاد در آن نیز قطعی نبوده و بسته به شرایط محیطی تغییر می‌نمایند. به نظر می‌رسد علت اصلی تغییرات در ضرایب توابع در شهرهای مختلف کشور بیشتر وابسته به دقت پایین مدل‌های ساخته شده است. این ضرایب به ویژه برای کمان‌ها تغییرات اندکی دارد. همچنین در مورد تقاطع‌های چراغ‌دار بخش اول رابطه در تمام شهرها مشابه است.

نکته دیگر آنکه پس از ساخت توابع زمان سفر- حجم، استفاده اصلی آن در برآورد حجم تردد و زمان سفر در شبکه معابر است. به عبارت دیگر معیار اصلی صحت توابع زمان سفر- حجم، واسنجی (کالیبره شدن) شبکه و هم‌خوانی شمارش حجم انجام شده در کمان‌های منفرد و خط برش با نتایج تخصیص ماتریس تقاضا در مدل شبکه معابر و هم‌خوانی زمان سفر مشاهده شده در مسیرها (آماربرداری زمان سفر مسیر) با زمان سفر حاصل از مدل تخصیص است.

بنابراین، تابع زمان سفر- حجم پیشنهادی، دارای چارچوب کلی توابع ارایه شده در مطالعات قبلی است اما برای ساخت آن، ضرایب ثابت بر مبنای بهترین جواب از نظر تطابق زمان سفر و حجم در مدل تخصیص تقاضا برآورد شده است. بر این اساس، به منظور ساخت مدل‌های زمان سفر- حجم برای مدل ترافیکی شهر ساری، فرآیند پیشنهادی در شکل ۲-۳ پیگیری خواهد شد. تأخیر در کمان‌ها مستقل از گره‌ها بوده و برای هر یک تابع تأخیر جداگانه‌ای اختصاص خواهد یافت. به این ترتیب، تأخیر تقاطع به تفکیک گردش به گره اعمال شود نه کمان.

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲۳		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	



شکل ۲-۳- فرآیند ساخت مدل های زمان سفر- حجم در معابر و تقاطع ها

به منظور ساخت تابع زمان سفر- حجم ابتدا باید یک دسته بندی از کلیه شبکه معابر مورد استفاده در مرحله تخصیص ترافیک انجام پذیرد و تابع زمان سفر- حجم برای هر یک از انواع خیابان های شبکه معابر به دست آید. درجه بندی مورد استفاده در مطالعات جامع حمل و نقل شهر ساری به صورت زیر است:

- آزادراه
- بزرگراه
- شریانی اصلی

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲۴		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

- شریانی فرعی

- جمع کننده

- دسترسی

- رمپ، کندرو، میدان

در جدول ۲-۵ توابع زمان سفر - حجم مورد استفاده در مدل ترافیکی شهر ساری به تفکیک معبر، تقاطع چراغدار و تقاطع بدون چراغ ارایه شده است. متغیرهای به کار رفته در این مدل عبارتند از:

V = حجم تردد وسایل نقلیه (وسیله نقلیه همسنگ در ساعت)،

C = ظرفیت خیابان (وسیله بر ساعت)،

t_c = زمان سفر متراکم (ثانیه)،

t_0 = زمان سفر آزاد (ثانیه)،

c = طول سیکل چراغ راهنمایی (ثانیه)،

g = طول زمان سبز چراغ راهنمایی در جهت خیابان ورودی به تقاطع (ثانیه)،

a و b = ضرایب مدل که پس از ساخت مدل ارایه می شوند.

ظرفیت و زمان سفر آزاد معبر وابسته به رده عملکردی آن است. در مدل شبکه معابر شهر ساری، اعداد

ارایه شده در جدول ۲-۶ مبنای سرعت و محاسبه ظرفیت معبر است [8].

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲۵		ویرایش اول	 ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

جدول ۵-۲ - توابع زمان سفر - حجم مورد استفاده در مدل شبکه معابر شهرساری

نوع تابع	رده عملکرد	شماره رده در نرم افزار	تابع
	مخالف یک طرفه	۹۰	-
	رمپ، کندرو، میدان	۶۹-۶۰	$t_c = t_0 \left[1 + 0.1 \left(\frac{V}{C} \right)^2 \right]$
	آزادراه	۴۹-۴۶	$t_c = t_0 \left[1 + 0.1 \left(\frac{V}{C} \right)^{2.5} \right]$
	بزرگراه	۴۵-۴۰	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^{2.5} \right]$
	شریانی اصلی	۳۹-۳۰	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^3 \right]$
	شریانی فرعی	۲۹-۲۰	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^{3.5} \right]$
	جمع کننده	۱۹-۱۰	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^{4.5} \right]$
	دسترسی	۹-۰	$t_c = t_0 \left[1 + 0.2 \left(\frac{V}{C} \right)^2 \right]$
تابع زمان سفر - حجم گردشها در تقاطع بدون چراغ	راست گرد	۱	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^3 \right]$
	مستقیم	۲	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^3 \right]$
	چپ گرد	۳	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^{3.5} \right]$
	واگرد	۴	$t_c = t_0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{C} \right)^{3.8} \right]$
تابع زمان سفر - حجم گردشها در تقاطع چراغدار	راست گرد	۱	$t_c = \left(\frac{c-g}{2} \right) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c} \right) C} \right)^2 \right]$
	مستقیم	۲	$t_c = \left(\frac{c-g}{2} \right) \left[1 + 0.1 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c} \right) C} \right)^2 \right]$
	چپ گرد	۳	$t_c = \left(\frac{c-g}{2} \right) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c} \right) C} \right)^2 \right]$
	واگرد	۴	$t_c = \left(\frac{c-g}{2} \right) \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c} \right) C} \right)^4 \right]$

جدول ۲-۶- سرعت آزاد و ظرفیت پایه در معابر شهر ساری

ردیف	رده عملکردی	شماره رده در نرم افزار	سرعت آزاد (کیلومتر در ساعت)	زمان سفر آزاد (دقیقه)	عرض هر خط (متر)	ظرفیت هر خط (خودرو در ساعت)
۳	مخالف یک طرفه	۹۰	-	-	-	-
۶	رمپ، کندرو، میدان	۶۰-۶۹	۳۰	۱/۵	۳/۰۰	۳۰۰
۹	آزادراه	۴۶-۴۹	۱۰۰	۰/۶۰	۳/۶۵	۱۳۵۰
۱۰	بزرگراه	۴۰-۴۵	۸۰	۰/۷۵	۳/۵۰	۱۲۹۵
۱۱	شریانی اصلی	۳۰-۳۹	۶۰	۱/۰	۳/۲۵	۷۸۰
۱۲	شریانی فرعی	۲۰-۲۹	۵۰	۱/۲	۳/۲۵	۶۳۰
۱۳	جمع کننده	۱۰-۱۹	۴۵	۱/۳۳	۳/۰۰	۴۹۵
۱۴	دسترسی	۰-۹	۳۰	۱/۵	۳/۰۰	۳۰۰

۳- تخصیص ترافیک به شبکه

۳-۱- تخصیص حمل و نقل شخصی

هر سیستم حمل و نقلی از دو مؤلفه عرضه و تقاضا تشکیل می شود که یک نوع رابطه متقابل بین این دو مؤلفه وجود دارد. از یک سو، کاربران سیستم حمل و نقل سعی دارند از امکانات حمل و نقل به نحوی استفاده کنند که هزینه های جابجایی (مانند هزینه ریالی و زمان سفر) خود یا کل جامعه را کمینه نمایند؛ از سوی دیگر، هزینه های استفاده از تسهیلات حمل و نقل به علت بروز تراکم، با افزایش تعداد کاربران اضافه می شود. جریانی از جابجایی در یک سیستم حمل و نقل که با توجه به دو عامل فوق حاصل می شود، جریان تعادلی و روش یافتن چنین جریانی تخصیص ترافیک نامیده می شود. [۱]

کاربرد مدل تخصیص ترافیک نه تنها در ارزیابی یک سیستم حمل و نقل است، بلکه می توان تأثیرات هرگونه تغییر در شبکه حمل و نقل یا ایجاد تسهیلات جدید حمل و نقل را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. در این مطالعات، از روش تخصیص تعادلی استفاده می شود. این روش، تقاضا را بر اساس اصل اول واردراپ^۱ در شبکه توزیع می کند. این اصل می گوید: «هر کاربر شبکه، مسیر خود را به گونه ای انتخاب می کند که سفر او از تمامی مسیرهای جایگزین به یک اندازه زمان ببرد و لذا تغییر مسیر فقط موجب افزایش زمان سفر فرد می شود». این روش بر اساس این فرض رفتاری است که رانندگان از زمان سفر تمامی مسیرها آگاهی کامل دارند.

^۱ Wardrop Equilibrium Assignment

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲۷		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

در تخصیص تعادلی، به عنوان راه حل اولیه، ابتدا تخصیص پلکانی^۱ انجام می‌شود. در روش پلکانی کل تقاضا در طی مراحل متفاوت و به تدریج تخصیص می‌یابد. این روش، همانند روش تخصیص همه یا هیچ است که به جای آنکه تقاضا را در یک مرحله تخصیص دهد، این کار را به صورت تدریجی و گام به گام انجام می‌دهد. پس از تخصیص پلکانی، تخصیص تعادلی آغاز می‌شود. تخصیص تعادلی دارای دو گام تکراری است. در گام تکرار درونی (متعادل سازی شبکه)، مسیرهای بین یک مبدأ و مقصد تعیین و از بین آن یک جفت مسیر (با کمترین و بیشترین مقاومت^۲) انتخاب می‌شود. سپس تقاضای بین این جفت مبدأ-مقصد به گونه‌ای تقسیم می‌شود که مقاومت این دو مسیر برابر (متعادل) باشد. پس از آن دوباره بر اساس مقاومت مسیرها، یک جفت دیگر انتخاب می‌شود و همین کار تا آنجا تکرار می‌شود که زمان سفر برای تمامی مسیرهای تمامی مبادی-مقاصد به تعادل برسد. بدیهی است که پس از به تعادل رسیدن زمان سفر بین مسیرهای یک جفت مبدأ-مقصد، ممکن است تعادل مقاومت مسیرهای قبلی به دلیل مشترک بودن کمان‌ها بین مسیرها به هم بخورد. لذا، گام تکرار بیرونی کنترل امکان پیدا شدن مسیری با مقاومت سفر و به تعادل رساندن مجدد شبکه را بر عهده دارد. در شکل ۳-۱ فرآیند کلی تخصیص تعادلی و در شکل ۳-۲ مراحل متعادل سازی شبکه نشان داده شده است. در شکل ۳-۳ نیز مراحل تخصیص پلکانی نشان داده شده است.

در نرم‌افزار PTV-VISUM، تخصیص تعادلی دارای شاخص‌های همگرایی^۳ به شرح زیر است [۲]:

۱- فاصله نسبی: فاصله نسبی نشان‌دهنده درصد تغییرات مقدار تابع هدف نسبت به بهترین حد پایینی به دست آمده از تخصیص‌های ترافیک در مراحل قبلی است. این کمیت معیاری برای در نظر گرفتن تفاوت جواب تخصیص فعلی از تخصیص تعادلی ایده‌آل است. در این مطالعات، به منظور برقراری حداکثر همگرایی در نتایج تخصیص، مقدار آن برابر ۰/۰۰۱ اتخاذ شد.

۲- مقدار نسبی خطا: عبارت است از نسبت زمان سفر کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین مسیر بین یک جفت مبدأ-مقصد. این شاخص برابر ۱٪ اتخاذ شد. این بدین مفهوم است که مقاومت طولانی‌ترین مسیر تنها ۱٪ باید با مقاومت کوتاه‌ترین مسیر تفاوت داشته باشد.

^۱ Incremental assignment

^۲ Impedence

^۳ Convergency criteria

^۴ Relative gap

^۵ Relative deviation

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲۸		ویرایش اول	 ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

۳- مقدار مطلق خطا^۱ عبارت است از تفاوت زمان سفر بین کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین مسیر بین یک جفت مبدأ- مقصد. این شاخص برابر ۱۰ ثانیه اتخاذ شد.

۴- حداکثر تعداد تکرار حلقه بیرونی^۲: مقدار این شاخص برابر ۳۰ اتخاذ شد. تجربه این مهندسین مشاور طی این مطالعات نشان داده که معمولاً در تعداد تکراری کمتر از ۳۰، تخصیص همگرا می‌شود. بر اساس روند شکل ۳-۱، پس از هر دفعه بارگذاری بر شبکه، حجم کمان‌ها و در نتیجه زمان سفر مسیرها وضعیت تراکم در شبکه متفاوت بوده و به دلیل تغییر در زمان سفر مسیر، بر انتخاب مجموعه مسیر جدید بین تمامی مبادی و مقاصد (در گام بعد) مؤثر است. لذا می‌بایست تا زمان همگرایی زمان سفر کمان‌ها و حصول اطمینان از عدم تغییر مسیرها با زمان سفرهای به دست آمده فرایند تکرار حلقه ادامه یابد.

۵- حداکثر تعداد تکرار حلقه متعادل‌سازی^۳: مقدار این شاخص برابر ۲۰ اتخاذ شد. این شاخص در تعیین حجم جریان عبوری از مسیرها به ازای هر دفعه از تکرار حلقه بیرونی مؤثر است. در هر گام از حلقه بیرونی، زمان سفر کمان‌ها و کلیه مسیرها بین هر مبدأ- مقصد مشخص است. تعیین حجم جریان عبوری از هر مسیر با توجه به لزوم تعادل مسیرهای منتخب و حذف مسیرهای بدون حجم بر اساس روند شکل ۳-۲ انجام می‌شود.

از دیگر شاخص‌های همگرایی فاصله نسبی نرمال شده^۴ است. این شاخص، تفاوت میان زمان سفر تخصیص فعلی و کمترین زمان سفر است. این مقدار برابر ۰/۰۲ اتخاذ شده است.

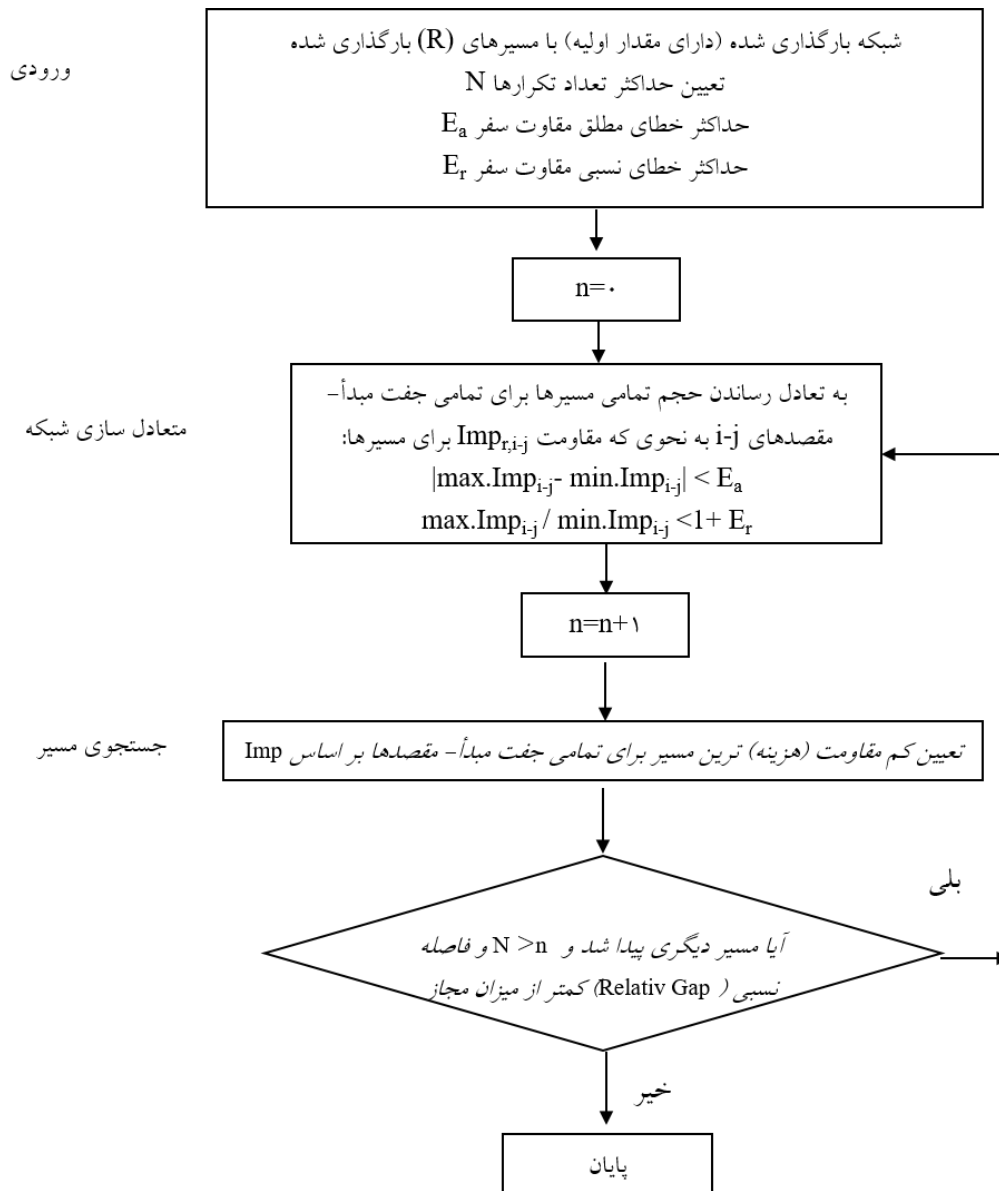
^۱ Absolute deviation

^۲ Maximum number of iteration

^۳ Maximum number of balancing iteration

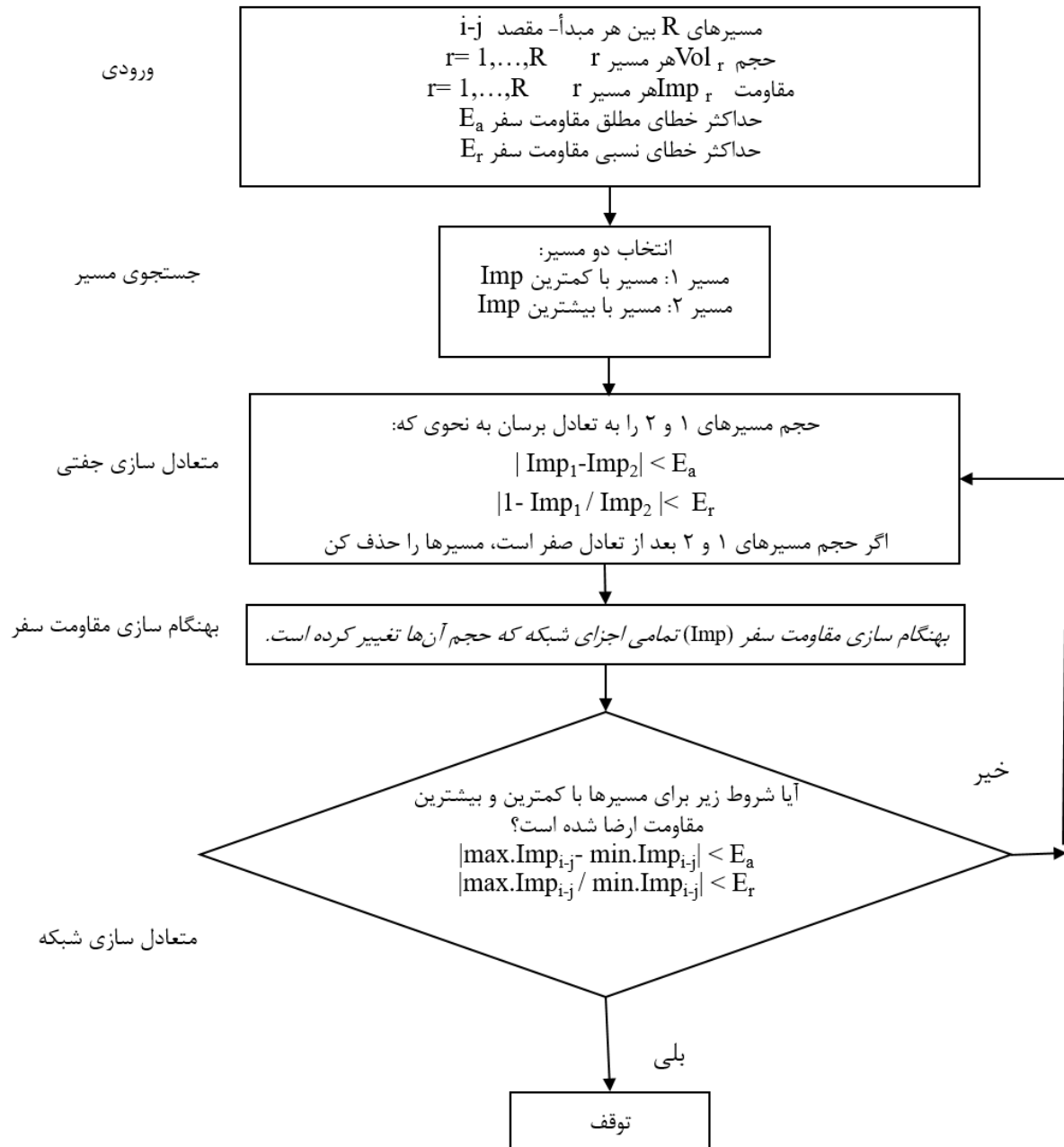
^۴ Normalized gap

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۲۹		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار  شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	



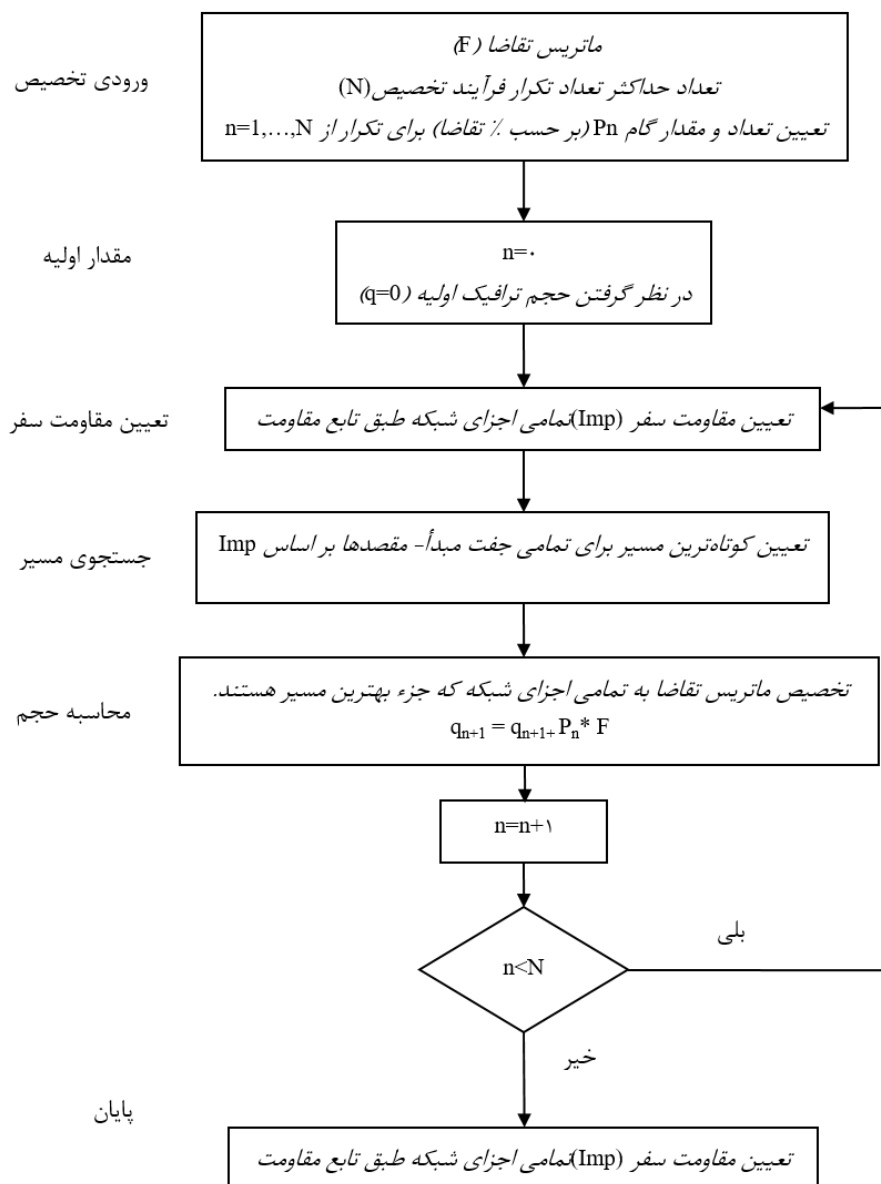
شکل ۳-۱- مراحل تخصیص به روش تعادلی [۲]

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۰		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	



شکل ۳-۲- مراحل متعادل سازی در تخصیص تعادلی [۲]

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۱		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	



شکل ۳-۳- مراحل تخصیص به روش پلکانی [۲]

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۲		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

۳-۲- تخصیص حمل و نقل همگانی

تخصیص حمل و نقل همگانی انجام شده در مدل شبکه معابر شهر ساری به صورت تخصیص سرفاصله- مبنا است^۱. در این شیوه برای هر یک از خطوط سرفاصله اعزام ثابتی برای ناوگان در نظر گرفته می‌شود. خطوط اتوبوس دارای مسیر و ایستگاه‌های ثابت و مشخصی بوده و مسافران از طریق دسترسی مستقیم از پیونددهنده به ایستگاه اتوبوس و یا دسترسی با پیاده‌روی بر روی کمان‌های شبکه به ایستگاه‌های اتوبوس منتقل می‌شوند.

روش تخصیص بدین صورت است که هر مسافر از بین مجموعه کل خطوط حمل و نقل همگانی، دسته خطوطی را انتخاب می‌کنند که اگر به اولین وسیله نقلیه از آن‌ها سوار شوند با کمترین میانگین زمان سفر را به همراه داشته باشد. این زمان سفر شامل زمان پیاده‌روی، زمان درون وسیله، زمان انتقال و زمان انتظار برای انتقال است.

اما به منظور یکپارچگی تخصیص حمل‌ونقل شخصی و همگانی و در نظرگیری اثر آن‌ها بر یکدیگر فرآیند تخصیص به صورت فلوچارت شکل ۳-۴ در نرم‌افزار PTV-Visum پیاده‌سازی شد. در گام اول با استفاده از اطلاعات سرفاصله زمانی حرکت اتوبوس‌ها و مسیر حرکت آن‌ها، معادل سواری اتوبوس‌ها بر روی شبکه خیابانی شهر بارگذاری شده و به عنوان حجم اولیه در تخصیص حمل‌ونقل شخصی به کار گرفته شده است. سپس تخصیص حمل‌ونقل شخصی با توجه به ماتریس‌های تخصیص انجام شده و زمان سفر شبکه بر مبنای توابع زمان-سفر حجم استخراج می‌گردد.

در گام بعد به منظور انجام تخصیص همگانی باید زمان سفر حمل‌ونقل همگانی محاسبه شود. زمان سفر همگانی از مجموع زمان پیاده‌روی دسترسی به ایستگاه، زمان انتظار و زمان سیر اتوبوس محاسبه می‌شود. زمان پیاده‌روی با توجه به سرعت پیاده‌روی در شبکه (۴ کیلومتر بر ساعت)، زمان انتظار با توجه به سرفاصله زمانی خطوط و زمان سیر با توجه به زمان حرکت و زمان توقف اتوبوس در ایستگاه‌ها محاسبه می‌شود. زمان سفر حرکت اتوبوس در بخش‌هایی که با جریان ترافیک تداخل دارد ۳۰ درصد بیشتر از زمان سفر وسایل نقلیه شخصی در نظر گرفته شده و بنابراین توابع زمان سفر و نحوه محاسبه تاخیر آن‌ها نیز به همان گونه است.

^۱ Frequency-based (Headway-based) Transit Assignment

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۳		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار  شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

$$V_0^{lt} = tl * \frac{BN^l}{HW^l} * \alpha^B$$

V_0^{lt} = حجم اولیه تخصیص کمان l شبکه در بازه زمانی t
 $l \in L$: مجموعه کمان های شبکه
 tl : طول بازه زمانی (دقیقه)
 BN^l : تعداد خطوط اتوبوس عبوری از کمان l
 HW^l : میانگین سرفاصله زمانی خطوط اتوبوس عبوری از کمان l (دقیقه)
 α^B : ضریب همسنگ سواری اتوبوس (۲/۵)

تخصیص ماتریس های همسنگ با استفاده از تخصیص تعادلی

V^{lt} = حجم معادل سواری بارگذاری شده بر روی شبکه در بازه زمانی t
 $tcur^l$ = زمان سفر تجربه شده کمان l (بر مبنای توابع زمان سفر-حجم)

$$JRT_{ij}^{pt} = WKT_{isp}^t + OWT_{si}^{pt} + IVT_{ij}^{pt} + TWT_{ij}^t + WKT_{spj}^t$$

$$IVT_{ij}^{pt} = \sum_{l \in L_{pij}} (tcur^l * 1.3) + \sum_{s \in S_{pij}} ts_s$$

JRT_{ij}^t = مجموع زمان سفر از ناحیه i به ناحیه j با استفاده از خطوط حمل و نقل همگانی در بازه زمانی t

WKT_{isp}^t = زمان سفر پیاده روی از ناحیه مبدا i به ایستگاه خط همگانی S_p

OWT_{si}^{pt} = زمان انتظار رسیدن وسیله همگانی p در ایستگاه مبدا

IVT_{ij}^{pt} = مجموع زمان سفر داخل وسیله خط همگانی p در بازه زمانی t از ناحیه i به ناحیه j

TWT_{ij}^t = مجموع زمان انتقال بین خطوط همگانی مختلف بین ناحیه مبدا i تا ناحیه مقصد j

WKT_{spj}^t = زمان سفر پیاده روی از ایستگاه همگانی به ناحیه مقصد j

L_p : مجموعه کمان های عبوری خط همگانی p

S_p : مجموعه ایستگاه های توقف خط همگانی p

ts_s : زمان توقف در ایستگاه S به منظور سوار و پیاده شدن مسافران

$tcur^l$ = زمان سفر تجربه شده کمان l حاصل از تخصیص تعادلی

تخصیص حمل و نقل همگانی بر مبنای سرفاصله زمانی

PV^{lt} = تعداد مسافر حمل و نقل همگانی کمان l در بازه زمانی t (نفر)

PV^{pt} = تعداد مسافر حمل و نقل همگانی خط p در بازه زمانی t (نفر)

PV^{st} = تعداد مسافر حمل و نقل همگانی سوار و پیاده شده در ایستگاه S (نفر)

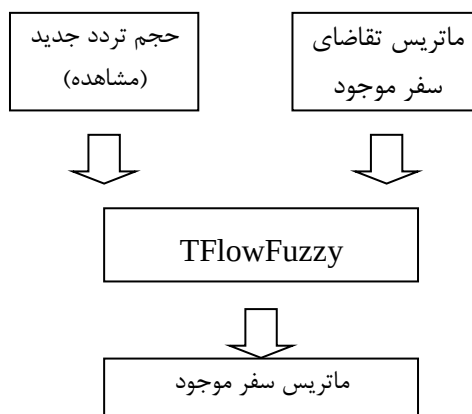
شکل ۳-۴- نحوه ارتباط تخصیص همگانی و شخصی

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۴		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

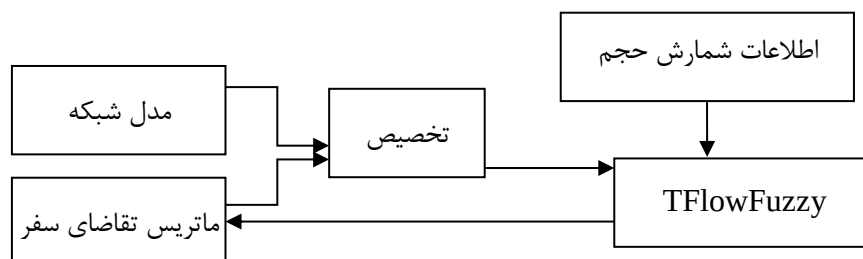
۴- اعتبارسنجی مدل تخصیص ترافیک و ماتریس سفرها

پس از ساخت مدل شبکه ورود اطلاعات تقاضا نوبت به اعتبارسنجی ماتریس تقاضای حاصل از تعمیم ماتریس تقاضا و همچنین مدل تخصیص ترافیک می‌رسد. به این منظور باید نتایج تخصیص ترافیک همسنگ سواری با شمارش احجام خط برش، کمان منفرد و ایستگاه‌های دروازه‌ای مقایسه شود. در این مطالعه کالیبراسیون شبکه سال پایه با توجه به تخصیص اوج صبح انجام شده و پس از آن به منظور اعتبارسنجی کالیبراسیون انجام شده از تخصیص روزانه استفاده گردیده است.

با توجه به این که وجود خطا در فرآیند آماربرداری و تعمیم ماتریس غیرقابل اجتناب است، از روش‌های تصحیح ماتریس می‌توان برای افزایش دقت ماتریس‌ها استفاده نمود. در مطالعات حاضر از روش TFlowFuzzy، که از ابزارهای نرم‌افزار PTV-VISUM است، برای تصحیح ماتریس تقاضا استفاده شد. روش فازی به منظور تصحیح ماتریس تقاضای سفر موجود به کار می‌رود تا حجم تردد برآوردی توسط مدل تخصیص با مقادیر مشاهده تا حد ممکن منطبق شود. جریان اطلاعات مورد نیاز و جریان کار برای تصحیح ماتریس به ترتیب در شکل ۴-۱ و شکل ۴-۲ نشان داده شده است. [۲]



شکل ۴-۱- جریان اطلاعات در روش TFF



شکل ۴-۲- جریان کار در روش TFF

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۵		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

در روش TFF، مقدار حجم تردد مشاهده شده در کمان‌ها معرفی می‌شود. پیش از به‌کارگیری روش فازی، ماتریس تقاضای سفر که به شبکه تخصیص نیز داده شده است، موجود است. برای یک کمان، مشخص است که، بر اساس تخصیص ماتریس موجود، چه درصدی از یک جفت مبدأ-مقصد در حجم تردد آن سهم دارد. سپس، برای آنکه حجم مشاهده و برآورد برابر شود، هر سلول ماتریس، متناسب با میزان مشارکت آن در حجم تردد مشاهده کمان‌ها در عددی ضرب می‌شود تا حجم مشاهده و برآورد تا حد امکان به هم نزدیک شوند.

به طور خلاصه، می‌توان نتیجه گرفت که روش مطالعات حاضر برای تصحیح ماتریس دارای مزایایی به شرح زیر است:

- ۱- هر یک از سلول‌های ماتریس مبدأ-مقصد، در یک عدد منحصر به فرد ضرب می‌شود به جای این که کلیه سلول‌ها در یک ضریب یکسان ضرب شود.
 - ۲- اصلاح ماتریس، به کمک نتایج تخصیص صورت می‌پذیرد.
- تعداد کل کمان‌هایی که در مطالعات حاضر برای تصحیح ماتریس تقاضای سفر به روش TFF استفاده شده برابر ۱۲۱ کمان است که ۸۷ کمان روی خط برش، ۲۴ کمان منفرد و ۱۰ کمان دروازه‌ای است.
- پس از کنترل حجم تردد تخصیص و مشاهده، مجموع درایه‌های ماتریس قبل و بعد از اصلاح مقایسه می‌شود. چنانچه درصد تغییرات کل ماتریس، کمتر از میزان مجاز (حدود ۱۰ درصد) باشد، ماتریس تقاضای سال پایه معتبر تلقی می‌شود. همچنین، برخی بررسی‌ها در سطح نواحی ترافیکی برای بررسی میزان تغییر در تولید و جذب سفر و یا طول سفرها برای بررسی میزان تغییر در توزیع سفر انجام خواهد شد.

۴-۱- معرفی شاخص‌های اعتبارسنجی تخصیص حمل‌ونقل شخصی

در این مطالعات از شاخص‌های گوناگونی برای اعتبارسنجی تخصیص حمل‌ونقل شخصی استفاده شده است که در ادامه هر یک از این شاخص‌ها معرفی خواهد شد. ذکر این نکته لازم است که نوع شاخص‌ها یا محدوده‌های قابل قبول هر یک برای تخصیص روزانه و ساعات اوج متفاوت است و به همین منظور به صورت جداگانه معرفی می‌شود.

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۶		ویرایش اول	 ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

۴-۱-۱- معرفی شاخص‌های اعتبارسنجی تخصیص روزانه

به منظور اعتبارسنجی نتایج تخصیص، از شاخص‌های زیر استفاده شده است:

۱. کل حجم عبوری از هر خط برش: در شکل ۴-۳ ضابطه میزان خطای مجاز بین مقادیر مشاهده و برآوردی از کل حجم عبوری از هر خط برش نشان داده شده است [۱۰، ۱۱]. هرچه حجم تردد بیشتر باشد، درصد خطای مجاز کاهش می‌یابد.
۲. ضریب همبستگی حجم تردد مشاهده و برآورد تمامی کمان‌ها: چنانچه ضریب همبستگی بین حجم مشاهده و برآورد بزرگتر از ۰/۸۸ باشد، حجم برآورد مجاز تلقی می‌شود [۱۰].
۳. درصد مجذور متوسط مربعات خطا (RMSE %):^۱ این شاخص از رابطه ۴-۱ به دست می‌آید [۱۰]. محدوده تغییرات این متغیر در مطالعات مختلف جهانی بین ۲۲٪ تا ۵۰٪ است [۱۰، ۱۳، ۱۴]. البته نتایج یک پروژه تحقیقاتی در ارزیابی کیفیت حجم برآورد شده برای کمان‌هایی که حجم تردد آن‌ها در محدوده خاصی قرار می‌گیرد، نیز برای نمونه در جدول ۴-۱ مشاهده می‌شود [۱۲]. شاخص‌های این جدول، عملاً در پروژه‌های مطالعاتی کشور آمریکا، مورد استفاده قرار نگرفته، زیرا رسیدن به آن‌ها، به دلیل دقت مدل‌های موجود، عملی نبوده است [۱۰، ۱۳، ۱۴]. در این پروژه تحقیقاتی، RMSE % برای حجم تردد روزانه ارایه شده است.

$$RMSE = \frac{(\sum_j (Model_j - Count_j)^2 / (Number\ of\ Counts - 1))^{0.5}}{(\sum_j Count_j / Number\ of\ Counts)} \times 100 \quad \text{رابطه ۴-۱}$$

۴. درصد خطای برآورد حجم تردد کمان‌ها به صورت ناهمفزون: این معیار به منظور بررسی اعتبار حجم تردد تک‌تک کمان‌ها معین شده است. در جدول ۴-۲ درصد مجاز خطا بر اساس حجم تردد روزانه مشاهده می‌شود. این مقادیر توسط اداره راه‌های فدرال آمریکا (FHWA)^۲ و سازمان حمل و نقل میشیگان^۳ پیشنهاد شده‌اند [۱۰]. منطق موجود در این استاندارد آن است که با افزایش حجم تردد در معابر، لازم است دقت مدل افزایش یابد و هر چه میزان تردد در معابر کاهش می‌یابد میزان خطای مجاز نیز افزایش خواهد یافت. میزان خطای مجاز بر اساس استاندارد FHWA، دارای تغییرات کمتری است. اما سازمان حمل و نقل میشیگان، برای حجم تردد کم خطای بیشتری را مجاز می‌داند و برای

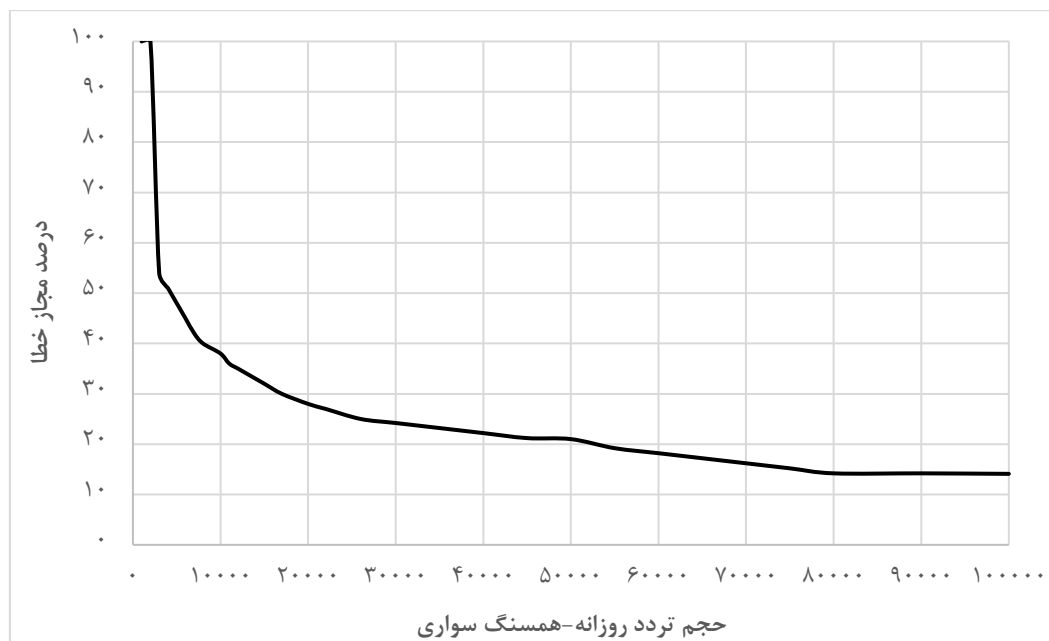
^۱ Root Mean Square Error percent

^۲ Federal Highway Administration (FHWA)

^۳ Michigan Department of Transportation (MDOT)

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۷		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار  شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

حجم تردد بیشتر میزان خطای مجاز را با آهنگ بیشتری کاهش می‌دهد. در این مطالعه بر اساس پیشنهاد FHWA عمل شده که جنبه کاربردی بیشتری دارد.



شکل ۴-۳- ضابطه درصد خطای مجاز کل حجم تردد همسنگ سواری روزانه عبوری از هر خط برش [۱۱]

جدول ۴-۱- RMSE٪ بر اساس گروه حجم کمان برای تخصیص روزانه

دوره	حجم کمان	٪RMSE
روزانه	۰-۴۹۹۹	۱۱۵/۷۵۷
	۵۰۰۰-۹۹۹۹	۴۳/۱۴۱
	۱۰۰۰۰-۱۹۹۹۹	۳۰/۲۵۲
	۲۰۰۰۰-۳۹۹۹۹	۲۸/۲۷۲
	۴۰۰۰۰-۵۹۹۹۹	۲۵/۳۸۳
	۶۰۰۰۰-۸۹۹۹۹	۱۹/۱۹۹

جدول ۴-۲- درصد خطای مجاز برآورد حجم تردد وسیله همسنگ سواری هر کمان برای تخصیص روزانه [۱۰]

دوره	حجم تردد	FHWA	MDOT
روزانه	کمتر از ۱۰۰۰	۶۰	۲۰۰
	۱۰۰۰-۲۵۰۰	۴۷	۱۰۰
	۲۵۰۰-۵۰۰۰	۳۶	۵۰
	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۲۹	۲۵
	۱۰۰۰۰-۲۵۰۰۰	۲۵	۲۰
	۲۵۰۰۰-۵۰۰۰۰	۲۲	۱۵
	بیشتر از ۵۰۰۰۰	۲۱	۱۰

بدیهی است که امکان ارضای سه شاخص اول راحت تر از شاخص چهارم خواهد بود. چرا که سه شاخص اول اعتبار حجم تردد کمان ها را به صورت همفزون بررسی می کنند، اما شاخص آخر به صورت غیرهمفزون است.

بنابراین ممکن است اعتبارسنجی تخصیص بیان کند که حجم تردد برخی از کمان ها به صورت صحیح برآورد نشده است. در برخی موارد، کارشناسان به صورت موضعی برخی خصوصیات معابری که حجم آن صحیح برآورد نشده را تغییر می دهند تا حجم برآورد به مقدار مشاهده نزدیک شود. این کار اغلب منجر به اعداد غیرواقعی برای خصوصیات کمان مورد نظر خواهد شد. از این گونه اقدامات به منظور همخوان کردن حجم مشاهده و برآورد باید پرهیز کرد. به این دلیل پیشنهاد شده هنگام ترسیم نمودار برآورد- مشاهده، بازه خطا نیز ترسیم شود و به صورت چشمی کیفیت برآورد حجم بررسی شود. یا این که درصد کمان ها با خطای مجاز تعیین شود. در مجموع در این حالت، قضاوت درباره تخصیص به عهده مدل ساز خواهد بود. در این گزارش هر دو اقدام مزبور انجام خواهد شد. به این منظور، بازه خطا و درصد کمان ها با خطای مجاز در تمامی نمودارهای مشاهده- برآورد ارایه خواهد شد [۱۰، ۱۳].

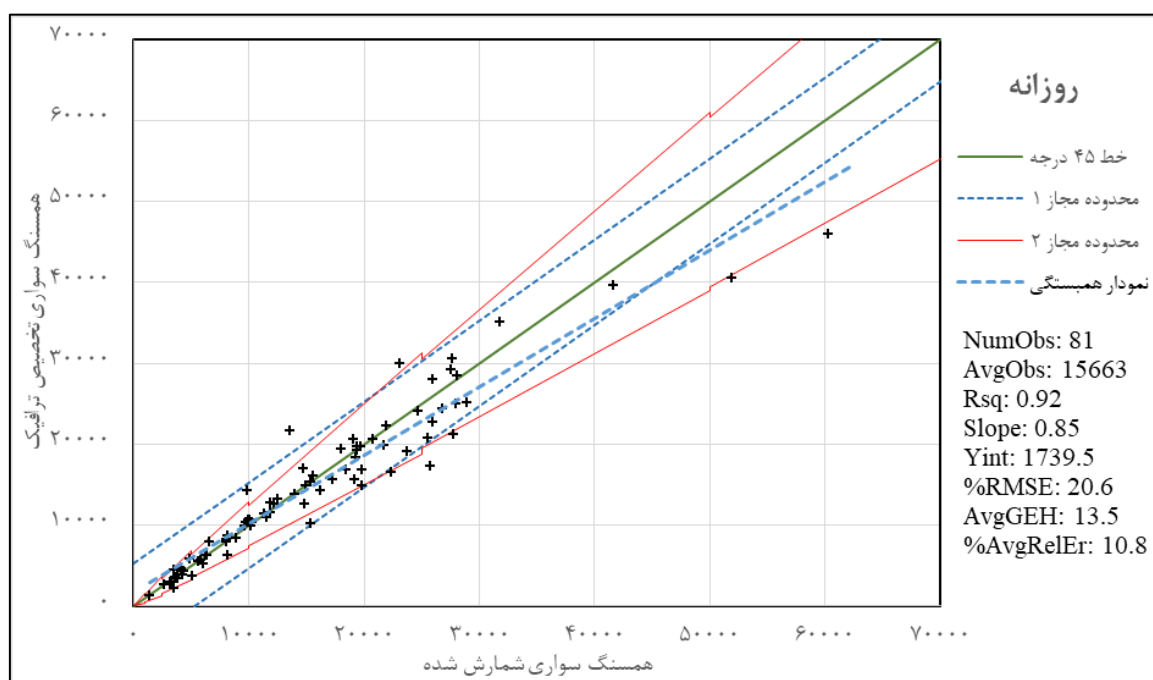
همانطور که گفته شد ضریب همبستگی بین تخصیص و شمارش حجم واقعی یکی از شاخص های مهم بررسی میزان دقت مدلسازی است. در این مطالعه برای ارائه مناسب این ضریب از نموداری مشابه شکل ۴-۴ استفاده شده است. در این شکل، ۴ نوع خط وجود دارد. خط سبز، نشان دهنده مقادیر هدف است که در آن مشاهده و برآورد باید با هم برابر باشند (خط با شیب ۴۵ درجه و ضریب همبستگی برابر یک). خط آبی ضخیم، نمودار برازش واقعی است.

خطوط آبی کمرنگ که با عنوان محدوده مجاز ۱ تعریف شده است بر مبنای یکی از آماره های ریاضی تعریف شده است. به منظور ترسیم این محدوده ابتدا خطای مطلق هر یک از ایستگاه ها محاسبه شده و سپس انحراف معیار این خطاها بدست آمده است. سپس این دو خط موازی با خط ۴۵ درجه، با میزان اختلاف ۲ برابر انحراف معیار خطاهای مطلق ترسیم شده است. دو خط قرمز که با عنوان محدوده مجاز ۲ نوشته شده، دامنه مقادیر مجاز خطا را نشان می دهند. مقادیر مجاز خطا بر اساس جدول ۴-۲ تعریف شده اند. به عنوان مثال در جدول ۴-۲ و در دوره روزانه، چنانچه حجم تردد مشاهده برابر ۲۰۰۰۰ باشد، مقدار مجاز خطا برابر ۲۵٪ است که مقدار مطلق آن ۵۰۰۰ می شود. در شکل ۴-۴ خط قرمز نشان می دهد که بازه خطای مجاز مساوی 5000 ± 20000 است. شکستگی نمودار ناشی از مقادیر متفاوت خطا در مرزهای محدوده است (به

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۳۹		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

جدول ۴-۲ مراجعه شود).

محدوده مجاز ۲ کاربرد بیشتری در مطالعات حمل و نقلی داشته و بین ایستگاه‌های پرتردد و کم‌تردد تفاوت قائل شده و محدوده حجم در نظر گرفته است در صورتی که محدوده مجاز ۱، بازه ثابتی را برای کل ایستگاه در نظر گرفته است. بدین ترتیب معمولاً ایستگاه‌های با تردد کم در محدوده مجاز قرار گرفته و ایستگاه‌های با تردد زیاد با احتمال کمتری در بازه مجاز قرار خواهند گرفت. به همین دلیل در ادامه این گزارش تنها از محدوده مجاز ۲ در نمودارها استفاده شده است. همچنین در این نمودار برخی از آماره‌های مشاهده-برآورد ارائه شده است که در جدول ۴-۳ تعریف آن‌ها ارائه شده است.



شکل ۴-۴- نمونه نمودار مشاهده-برآورد حجم تردد کمان‌ها

جدول ۴-۳- تعریف آماره‌های نمودارهای مشاهده-برآورد

ردیف	متغیر	تعریف
۱	NumObs	تعداد مشاهدات
۲	AvgObs	مقدار متوسط مشاهده
۳	%RMSE	درصد مجذور متوسط مربعات خطا
۴	Rsq	ضریب همبستگی
۵	Slope	شیب
۶	YInt	عرض از مبدا ^۱
۷	AvgRelEr%	متوسط خطای نسبی (%)

^۱ Y intercept

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۰		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

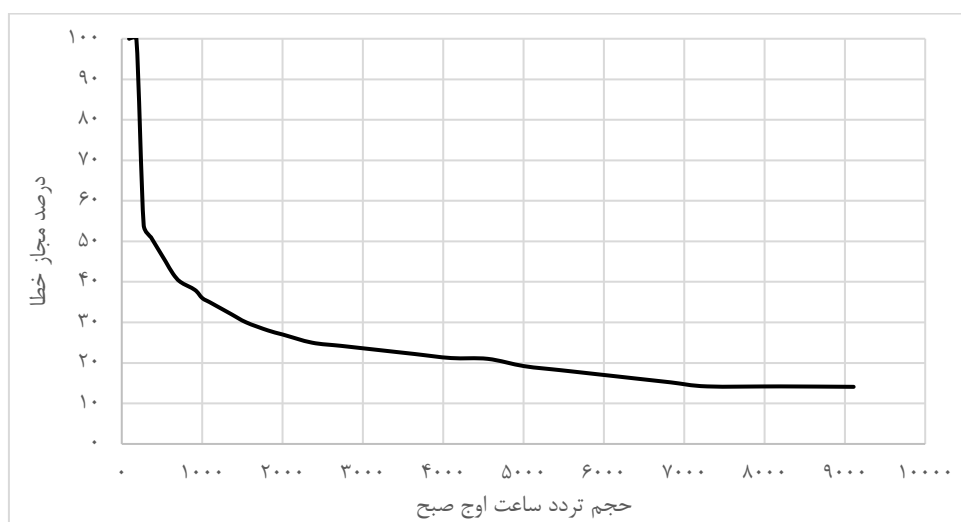
متوسط پارامتر GEH	AvgGEH	۸
-------------------	--------	---

۴-۱-۲- معرفی شاخص‌های اعتبارسنجی تخصیص دوره اوج صبح

برای ارزیابی اعتبار نتایج تخصیص در ساعت اوج صبح، از شاخص میزان خطای مجاز بین مقادیر مشاهده و برآورد کل حجم عبوری از هر خط برش استفاده می‌شود. برای محاسبه مقدار مجاز این شاخص، از مقادیر مجاز آن در دوره روزانه استفاده می‌شود. با این فرض که میزان خطای مجاز ثابت باشد. سپس با ثابت نگه داشتن میزان خطای مجاز، درصد تردد ساعت اوج از کل حجم تردد روزانه مشخص و حجم تردد روزانه (محور افقی شکل ۴-۳) در این عدد ضرب گردد [۱۴]. در جدول ۴-۴ حجم تردد خطوط برش، در بازه زمانی اوج صبح مختلف نشان داده شده است. بر اساس درصد حجم تردد در بازه‌های زمانی، نمودار میزان مجاز خطا برای این بازه نیز به دست آمد که در شکل ۴-۵ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، با توجه به حجم تردد خطوط برش، میزان خطا برای تمامی دوره‌ها یکسان و برابر ۱۴٪ است.

جدول ۴-۴- تعیین شاخص میزان خطای مجاز حجم تردد وسیله همسنگ خطوط برش در دوره‌های زمانی مختلف

دوره	خط برش	حجم تردد مشاهده خط برش		درصد مجاز خطا
		یک جهت	دو جهت	
شبانه روز	رو به شرق	۱۷۶۷۷۲	۳۵۶۸۸۵	۱۰۰
	رو به غرب	۱۸۰۱۱۳		
صبح	رو به شرق	۱۷۱۲۳	۳۲۳۱۱	۹۰٫۵٪
	رو به غرب	۱۵۱۸۸		



شکل ۴-۵- درصد خطای مجاز حجم تردد دوره اوج صبح خط برش

بر اساس بررسی منابع و مراجع، تنها همین شاخص برای ارزیابی تخصیص ساعات اوج ارایه شده

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۱		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

است [۲،۳]. اما همانند دوره روزانه، سایر شاخص‌های اعتبارسنجی به منظور انعکاس دقت نتایج تخصیص نظیر RMSE، ضریب همبستگی و ... برای اوج صبح نیز ارایه خواهد شد. به همین دلیل محدوده‌های مجاز هر یک از معیارها نیز به صورت ساعتی تبدیل شود که در جدول ۴-۵ و جدول ۴-۶ ارائه شده است. ذکر این نکته لازم است که معیار قبولی تمامی شاخص‌ها باید برای ماتریس اصلاح شده است.

جدول ۴-۵ - RMSE بر اساس گروه حجم کمان برای تخصیص ساعتی

دوره	حجم کمان	RMSE
ساعتی	۰-۴۶۴	۱۱۵/۷۵۷
	۹۲۷-۴۶۴	۴۳/۱۴۱
	۱۸۵۵-۹۲۷	۳۰/۲۵۲
	۳۷۱۰-۱۸۵۵	۲۸/۲۷۲
	۵۵۶۴-۳۷۱۰	۲۵/۳۸۳
	۸۳۴۷-۵۵۶۴	۱۹/۱۹۹

جدول ۴-۶ - درصد خطای مجاز بر آورد حجم تردد وسیله همسنگ سواری هر کمان برای تخصیص ساعتی [۱۰]

دوره	حجم تردد	FHWA	MDOT
ساعتی	کمتر از ۹۳	۶۰	۲۰۰
	۲۳۲-۹۳	۴۷	۱۰۰
	۴۶۴-۲۳۲	۳۶	۵۰
	۹۲۷-۴۶۴	۲۹	۲۵
	۲۳۱۹-۹۲۷	۲۵	۲۰
	۴۶۳۷-۲۳۱۹	۲۲	۱۵
	بیشتر از ۴۶۳۷	۲۱	۱۰

علاوه بر این در تخصیص ساعتی می‌توان از معیار GEH که نوعی آماره کای‌دو است استفاده نمود که با استفاده از رابطه ۴-۲ بدست می‌آید. در این رابطه M مقدار حجم ساعتی حاصل از مدل و C مقدار شمارش شده است. بر اساس تعریف این شاخص، مقدار میانگین کمتر از ۵ نشان‌دهنده مدل با دقت عالی و کمتر از ۱۰ با دقت خوب است.

$$GEH = \sqrt{\frac{(M-C)^2}{0.5(M+C)}} \quad \text{رابطه ۴-۲}$$

۴-۲- اعتبارسنجی نتایج تخصیص اوج صبح

در این بند نتایج تخصیص مدل کالیبره شده ماتریس‌های مشاهده اوج صبح قبل و بعد از اعمال تصحیح ماتریس با استفاده از Tflow-Fuzzy ارائه شده است. در شکل ۴-۶ تا شکل ۴-۸ موقعیت نقاط شمارش حجم

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۲		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

خط برش، کمان منفرد و دروازه‌ای نمایش داده شده است.

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۳		ويرايش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		



شکل ۴-۶- موقعیت نقاط شمارش حجم خط برش

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۴		ويرايش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		



شکل ۴-۷- موقعیت نقاط شمارش حجم کمان منفرد

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۵		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	



شکل ۴-۸- موقعیت نقاط شمارش حجم دروازه‌ای

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۶		ویرایش اول	 ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

در جدول ۴-۷ و جدول ۴-۸، حجم تخصیص اوج صبح تمام ایستگاه‌ها قبل و بعد از تصحیح ارایه شده و با مشاهدات انجام شده مقایسه گردیده است.

جدول ۴-۷- حجم تردد روزانه کمان‌های تمام ایستگاه‌ها - اوج صبح - قبل از تصحیح

کد ایستگاه	مشاهده	برآورد	خطای مطلق	درصد خطای مطلق	GEH
VE1	۵۹۷	۳۸۲	۲۱۵	٪۵۶	۹,۷
VW1	۳۰۱	۲۴۲	۵۹	٪۲۴	۳,۶
VE2	۵۰۰	۳۹۹	۱۰۱	٪۲۵	۴,۸
VW2	۱۴۶	۱۶۹	۲۳	٪۱۴	۱,۸
under bridg VW3	۲۱۰۷	۱۱۳۱	۹۷۶	٪۸۶	۲۴,۳
bridg VW3	۱۵۷۲	۲۱۵۴	۵۸۲	٪۲۷	۱۳,۵
bridg VE3	۲۲۱۶	۲۴۷۶	۲۶۰	٪۱۱	۵,۴
under bridg+VW4 VE3	۲۱۲۲	۱۳۶۲	۷۶۰	٪۵۶	۱۸,۲
VW5+VW4	۲۳۹	۲۲۵	۱۴	٪۶	۰,۹
VW6+VW7+VW8	۱۰۱۵	۴۶۹	۵۴۶	٪۱۱۶	۲۰,۰
VE6+VE7+VE8+VE12	۱۲۵۸	۸۲۹	۴۲۹	٪۵۲	۱۳,۳
VW9+VW10+VW11+VW12	۱۳۶	۱۸۵	۴۹	٪۲۶	۳,۹
VW13	۸۴	۱۸	۶۶	٪۳۶۷	۹,۲
VE13	۴۵۲	۵۸۸	۱۳۶	٪۲۳	۶,۰
VW14	۱۴۹	۴۰۲	۲۵۳	٪۶۳	۱۵,۲
VE14	۱۶۵	۲۷۰	۱۰۵	٪۳۹	۷,۱
VW15	۲۰۲۰	۲۱۴۶	۱۲۶	٪۶	۲,۸
VE15	۱۵۳۴	۷۷۰	۷۶۴	٪۹۹	۲۲,۵
VW16	۱۱۷	۴۱۸	۳۰۱	٪۷۲	۱۸,۴
VE16	۴۷	۱۸۸	۱۴۱	٪۷۵	۱۳,۰
VW17	۶۶۶	۱۵۲۹	۸۶۳	٪۵۶	۲۶,۱
VE17	۲۰۴۷	۱۰۷۵	۹۷۲	٪۹۰	۲۴,۶
VE18	۶۸	۲۰	۴۸	٪۲۴۰	۷,۲
VW20+VW19	۲۹۲۱	۲۸۵۴	۶۷	٪۲	۱,۲
VE20	۱۴۲۸	۱۲۳۸	۱۹۰	٪۱۵	۵,۲
VW21	۱۵۴۰	۲۱۹۲	۶۵۲	٪۳۰	۱۵,۱
VE21	۱۹۳۴	۱۴۶۰	۴۷۴	٪۳۲	۱۱,۵
VW23	۳۱۵	۴۱۶	۱۰۱	٪۲۴	۵,۳
VE23	۴۷۸	۳۴۶	۱۳۲	٪۳۸	۶,۵
VW24	۱۰۸	۶۲۳	۵۱۵	٪۸۳	۲۶,۹
VE24	۹۸	۱۹۵	۹۷	٪۵۰	۸,۰
VW25+VW26	۱۶۱	۲۵۱	۹۰	٪۳۶	۶,۳
VE25+VE26	۳۲۳	۶۶۸	۳۴۵	٪۵۲	۱۵,۵

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۷		ویرایش اول		ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

جدول ۴-۷- حجم تردد روزانه کمان‌های تمام ایستگاه‌ها - اوج صبح - قبل از تصحیح

کد ایستگاه	مشاهده	برآورد	خطای مطلق	درصد خطای مطلق	GEH
VW27+VW28	۱۲۹	۵۵۷	۴۲۸	٪۷۷	۲۳,۱
VE27+VE28	۲۴۴	۴۰۳	۱۵۹	٪۳۹	۸,۸
VW29	۹۷۰	۴۰۱	۵۶۹	٪۱۴۲	۲۱,۷
VE29	۷۶۹	۱۲۴۶	۴۷۷	٪۳۸	۱۵,۰
VW30+VW31	۱۱۱	۱۱۵	۴	٪۳	۰,۴
VE30+VE31	۱۵۶	۲۹۷	۱۴۱	٪۴۷	۹,۴
VW33+VW32	۲۲۵	۱۱۵	۱۱۰	٪۹۶	۸,۴
VE33+VE32	۴۲۷	۴۱۵	۱۲	٪۳	۰,۶
VW34	۱۶۱	۱۱۵	۴۶	٪۴۰	۳,۹
VE34	۲۶۸	۴۱۵	۱۴۷	٪۳۵	۸,۰
(VN(L1	۲۰۹۰	۱۶۴۲	۴۴۸	٪۲۷	۱۰,۴
(VE(L1	۲۰۹۰	۱۴۵۳	۶۳۷	٪۴۴	۱۵,۱
(VN(L2	۹۹۰	۴۱۳	۵۷۷	٪۱۴۰	۲۱,۸
(VS(L2	۱۰۹۲	۵۴۰	۵۵۲	٪۱۰۲	۱۹,۳
(VW(L3	۵۳۸	۳۱۰	۲۲۸	٪۷۴	۱۱,۱
(VE(L3	۳۶۷	۵۲	۳۱۵	٪۶۰۶	۲۱,۸
(VS(L4	۲۰۹۰	۱۲۴۸	۸۴۲	٪۶۷	۲۰,۶
(VW(L4	۱۴۷۱	۹۵۹	۵۱۲	٪۵۳	۱۴,۷
(VN(L5	۱۶۲	۳۷۴	۲۱۲	٪۵۷	۱۲,۹
(VS(L5	۴۵۲	۴۰۴	۴۸	٪۱۲	۲,۳
(VW(L6	۳۴۷۴	۲۸۹۶	۵۷۸	٪۲۰	۱۰,۲
(VE(L6	۸۱۱	۱۲۰۲	۳۹۱	٪۳۳	۱۲,۳
(VS(L7	۹۹۷	۶۲۴	۳۷۳	٪۶۰	۱۳,۱
(VN(L7	۱۲۳۶	۸۳۸	۳۹۸	٪۴۷	۱۲,۴
(VN(L8	۳۷۳	۵۸۷	۲۱۴	٪۳۶	۹,۸
(VS(L8	۵۳۹	۴۳۳	۱۰۶	٪۲۴	۴,۸
(VN(L9	۶۸۷	۷۶۵	۷۸	٪۱۰	۲,۹
(VE(L9	۴۷۰	۴۸	۴۲۲	٪۸۷۹	۲۶,۲
(VN(L10	۱۶۹۸	۱۵۱۸	۱۸۰	٪۱۲	۴,۵
(VS(L10	۵۵۰	۳۴۴	۲۰۶	٪۶۰	۹,۷
(VN(L11	۵۰۵	۲۳۰	۲۷۵	٪۱۲۰	۱۴,۳
(VS(L11	۸۶۱	۲۹۲	۵۶۹	٪۱۹۵	۲۳,۷
(VN(L12	۳۷۳	۲۴۹	۱۲۴	٪۵۰	۷,۰
(VS(L12	۴۹۵	۴۱۳	۸۲	٪۲۰	۳,۸
(V3(u-turn	۲۶۰	۴۰۴	۱۴۴	٪۳۶	۷,۹
VE22	۱۵۴۲	۱۰۴۹	۴۹۳	٪۴۷	۱۳,۷
GI02	۱۰۴۶	۱۱۵۴	۱۰۸	٪۹	۳,۳

 شهرداری ساری	ساخت شبکه پایه در نرم افزار		ویرایش اول	صفحه ۴۸	
			گزارش	شماره قرارداد	تاریخ
			۰۳	۸۷۲۰۷	اسفند ۱۳۹۸

جدول ۴-۷- حجم تردد روزانه کمان‌های تمام ایستگاه‌ها - اوج صبح - قبل از تصحیح

کد ایستگاه	مشاهده	برآورد	خطای مطلق	درصد خطای مطلق	GEH
GO02	۱۱۱۹	۱۰۴۳	۷۶	٪۷	۲,۳
GI03	۲۱۱۳	۱۵۷۸	۵۳۵	٪۳۴	۱۲,۵
GO3	۱۵۵۴	۱۸۵۷	۳۰۳	٪۱۶	۷,۳
GI04	۲۹۹۲	۲۸۴۲	۱۵۰	٪۵	۲,۸
GO04	۴۵۹۶	۴۰۱۰	۵۸۶	٪۱۵	۸,۹
GI05	۴۶۳	۵۴۰	۷۷	٪۱۴	۳,۴
GO05	۹۲۳	۹۷۸	۵۵	٪۶	۱,۸
GI01	۳۹۶۰	۳۰۶۳	۸۹۷	٪۲۹	۱۵,۱
GO01	۲۸۳۴	۳۲۰۸	۳۷۴	٪۱۲	۶,۸
جمع	۸۰۱۳۷	۷۱۳۲۹	۲۴۷۱۰	٪۳۱	۳۲,۰
کمینه	۴۷	۱۸	۴	٪۲	۰,۳۸
بیشینه	۴۵۹۶	۴۰۱۰	۹۷۶	٪۸۷۹	۲۶,۹۴
متوسط	۱۰۱۴,۳۹	۹۰۲,۹۰	۳۱۲,۷۸	٪۷۰	۱۰,۹۳
انحراف معیار	۹۷۱,۰۱	۸۶۰,۹۳	۲۵۴,۱۴	٪۱۲۴	۷,۱۷

جدول ۴-۸- حجم تردد روزانه کمان‌های تمام ایستگاه‌ها - اوج صبح - بعد از تصحیح

کد ایستگاه	مشاهده	برآورد	خطای مطلق	درصد خطای مطلق	GEH
VE1	۵۹۷	۴۸۳	۱۱۴	٪۲۴	۴,۹
VW1	۳۰۱	۲۹۱	۱۰	٪۳	۰,۶
VE2	۵۰۰	۵۰۷	۷	٪۱	۰,۳
VW2	۱۴۶	۱۶۱	۱۵	٪۹	۱,۲
under bridg VW3	۲۱۰۷	۱۶۴۶	۴۶۱	٪۲۸	۱۰,۶
bridg VW3	۱۵۷۲	۱۷۷۲	۲۰۰	٪۱۱	۴,۹
bridg VE3	۲۲۱۶	۲۳۹۹	۱۸۳	٪۸	۳,۸
under bridg+VW4 VE3	۲۱۲۲	۱۸۳۰	۲۹۲	٪۱۶	۶,۶
VW5+VW4	۲۳۹	۲۴۲	۳	٪۱	۰,۲
VW6+VW7+VW8	۱۰۱۵	۷۱۳	۳۰۲	٪۴۲	۱۰,۳
VE6+VE7+VE8+VE12	۱۲۵۸	۱۱۷۱	۸۷	٪۷	۲,۵
VW9+VW10+VW11+VW12	۱۳۶	۲۲۸	۹۲	٪۴۰	۶,۸
VW13	۸۴	۶۶	۱۸	٪۲۷	۲,۱
VE13	۴۵۲	۵۶۹	۱۱۷	٪۲۱	۵,۲
VW14	۱۴۹	۳۲۵	۱۷۶	٪۵۴	۱۱,۴
VE14	۱۶۵	۲۵۲	۸۷	٪۳۵	۶,۰
VW15	۲۰۲۰	۱۷۶۲	۲۵۸	٪۱۵	۵,۹
VE15	۱۵۳۴	۱۲۸۶	۲۴۸	٪۱۹	۶,۶
VW16	۱۱۷	۱۵۳	۳۶	٪۲۴	۳,۱
VE16	۴۷	۸۱	۳۴	٪۴۲	۴,۳

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۴۹		ویرایش اول		ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

جدول ۴-۸- حجم تردد روزانه کمان‌های تمام ایستگاه‌ها - اوج صبح - بعد از تصحیح

کد ایستگاه	مشاهده	برآورد	خطای مطلق	درصد خطای مطلق	GEH
VW17	۶۶۶	۱۳۳۷	۶۷۱	%۵۰	۲۱,۲
VE17	۲۰۴۷	۱۶۱۰	۴۳۷	%۲۷	۱۰,۲
VE18	۶۸	۴۱	۲۷	%۶۶	۳,۷
VW20+VW19	۲۹۲۱	۲۸۰۵	۱۱۶	%۴	۲,۲
VE20	۱۴۲۸	۱۴۵۸	۳۰	%۲	۰,۸
VW21	۱۵۴۰	۱۹۹۶	۴۵۶	%۲۳	۱۰,۸
VE21	۱۹۳۴	۱۸۱۲	۱۲۲	%۷	۲,۸
VW23	۳۱۵	۱۵۲	۱۶۳	%۱۰۷	۱۰,۷
VE23	۴۷۸	۳۸۸	۹۰	%۲۳	۴,۳
VW24	۱۰۸	۳۰۰	۱۹۲	%۶۴	۱۳,۴
VE24	۹۸	۹	۸۹	%۹۸۹	۱۲,۲
VW25+VW26	۱۶۱	۵۸	۱۰۳	%۱۷۸	۹,۸
VE25+VE26	۳۲۳	۶۰۵	۲۸۲	%۴۷	۱۳,۱
VW27+VW28	۱۲۹	۱۸۱	۵۲	%۲۹	۴,۲
VE27+VE28	۲۴۴	۲۶۸	۲۴	%۹	۱,۵
VW29	۹۷۰	۷۵۶	۲۱۴	%۲۸	۷,۳
VE29	۷۶۹	۱۰۷۱	۳۰۲	%۲۸	۱۰,۰
VW30+VW31	۱۱۱	۱۳۶	۲۵	%۱۸	۲,۲
VE30+VE31	۱۵۶	۱۸۴	۲۸	%۱۵	۲,۱
VW33+VW32	۲۲۵	۱۳۶	۸۹	%۶۵	۶,۶
VE33+VE32	۴۲۷	۳۵۷	۷۰	%۲۰	۳,۵
VW34	۱۶۱	۱۳۶	۲۵	%۱۸	۲,۱
VE34	۲۶۸	۳۵۷	۸۹	%۲۵	۵,۰
(VN(L1	۲۰۹۰	۱۶۳۵	۴۵۵	%۲۸	۱۰,۵
(VE(L1	۲۰۹۰	۱۷۶۰	۳۳۰	%۱۹	۷,۵
(VN(L2	۹۹۰	۸۳۸	۱۵۲	%۱۸	۵,۰
(VS(L2	۱۰۹۲	۷۸۲	۳۱۰	%۴۰	۱۰,۱
(VW(L3	۵۳۸	۴۷۷	۶۱	%۱۳	۲,۷
(VE(L3	۳۶۷	۳۰۰	۶۷	%۲۲	۳,۷
(VS(L4	۲۰۹۰	۱۶۲۰	۴۷۰	%۲۹	۱۰,۹
(VW(L4	۱۴۷۱	۱۱۶۶	۳۰۵	%۲۶	۸,۴
(VN(L5	۱۶۲	۳۲۲	۱۶۰	%۵۰	۱۰,۳
(VS(L5	۴۵۲	۴۹۷	۴۵	%۹	۲,۱
(VW(L6	۳۴۷۴	۳۱۳۷	۳۳۷	%۱۱	۵,۹
(VE(L6	۸۱۱	۱۲۷۴	۴۶۳	%۳۶	۱۴,۳
(VS(L7	۹۹۷	۵۹۳	۴۰۴	%۶۸	۱۴,۳
(VN(L7	۱۲۳۶	۸۹۸	۳۳۸	%۳۸	۱۰,۳

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۵۰		ویرایش اول		ساخت شبکه پایه در نرم افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

جدول ۴-۸- حجم تردد روزانه کمان‌های تمام ایستگاه‌ها - اوج صبح - بعد از تصحیح

کد ایستگاه	مشاهده	برآورد	خطای مطلق	درصد خطای مطلق	GEH
(VN(L8	۳۷۳	۴۲۶	۵۳	٪۱۲	۲,۷
(VS(L8	۵۳۹	۵۴۱	۲	٪۰	۰,۱
(VN(L9	۶۸۷	۷۶۵	۷۸	٪۱۰	۲,۹
(VE(L9	۴۷۰	۱۴۷	۳۲۳	٪۲۲۰	۱۸,۴
(VN(L10	۱۶۹۸	۱۵۰۱	۱۹۷	٪۱۳	۴,۹
(VS(L10	۵۵۰	۴۶۸	۸۲	٪۱۸	۳,۶
(VN(L11	۵۰۵	۴۲۲	۸۳	٪۲۰	۳,۹
(VS(L11	۸۶۱	۷۰۰	۱۶۱	٪۲۳	۵,۸
(VN(L12	۳۷۳	۳۵۶	۱۷	٪۵	۰,۹
(VS(L12	۴۹۵	۴۰۷	۸۸	٪۲۲	۴,۱
(V3(u-turn	۲۶۰	۳۳۶	۷۶	٪۲۳	۴,۴
VE22	۱۵۴۲	۱۳۱۳	۲۲۹	٪۱۷	۶,۱
GI02	۱۰۴۶	۱۰۹۲	۴۶	٪۴	۱,۴
GO02	۱۱۱۹	۱۱۸۲	۶۳	٪۵	۱,۹
GI03	۲۱۱۳	۲۱۱۲	۱	٪۰	۰,۰
GO3	۱۵۵۴	۱۷۰۷	۱۵۳	٪۹	۳,۸
GI04	۲۹۹۲	۲۷۶۵	۲۲۷	٪۸	۴,۲
GO04	۴۵۹۶	۴۳۰۳	۲۹۳	٪۷	۴,۴
GI05	۴۶۳	۵۱۱	۴۸	٪۹	۲,۲
GO05	۹۲۳	۷۲۶	۱۹۷	٪۲۷	۶,۹
GI01	۳۹۶۰	۳۸۳۵	۱۲۵	٪۳	۲,۰
GO01	۲۸۳۴	۲۹۶۹	۱۳۵	٪۵	۲,۵
جمع	۸۰۱۳۷	۷۵۹۷۳	۱۳۰۱۰	٪۱۶	۱۴,۹
کمینه	۴۷	۹	۱	٪۰	۰,۰۲
بیشینه	۴۵۹۶	۴۳۰۳	۶۷۱	٪۹۸۹	۲۱,۲۰
متوسط	۱۰۱۴,۳۹	۹۶۱,۶۸	۱۶۴,۶۸	٪۴۰	۵,۸۳
انحراف معیار	۹۷۱,۰۱	۹۰۹,۵۵	۱۴۳,۸۲	٪۱۱۳	۴,۳۶

در جدول ۴-۹ مجموع حجم عبوری از خط برش در دو جهت رو به شمال و رو به جنوب با شمارش‌های میدانی انجام شده برای دو حالت قبل و بعد از تصحیح مقایسه شده است. همان‌طور که از نتایج این جدول مشخص است درصد اختلاف شمارش حجم و تخصیص در تمامی حالات مورد بررسی کمتر از مقدار مجاز (۱۴ درصد) است که نشان‌دهنده دقت قابل قبول ماتریس تعمیم است.

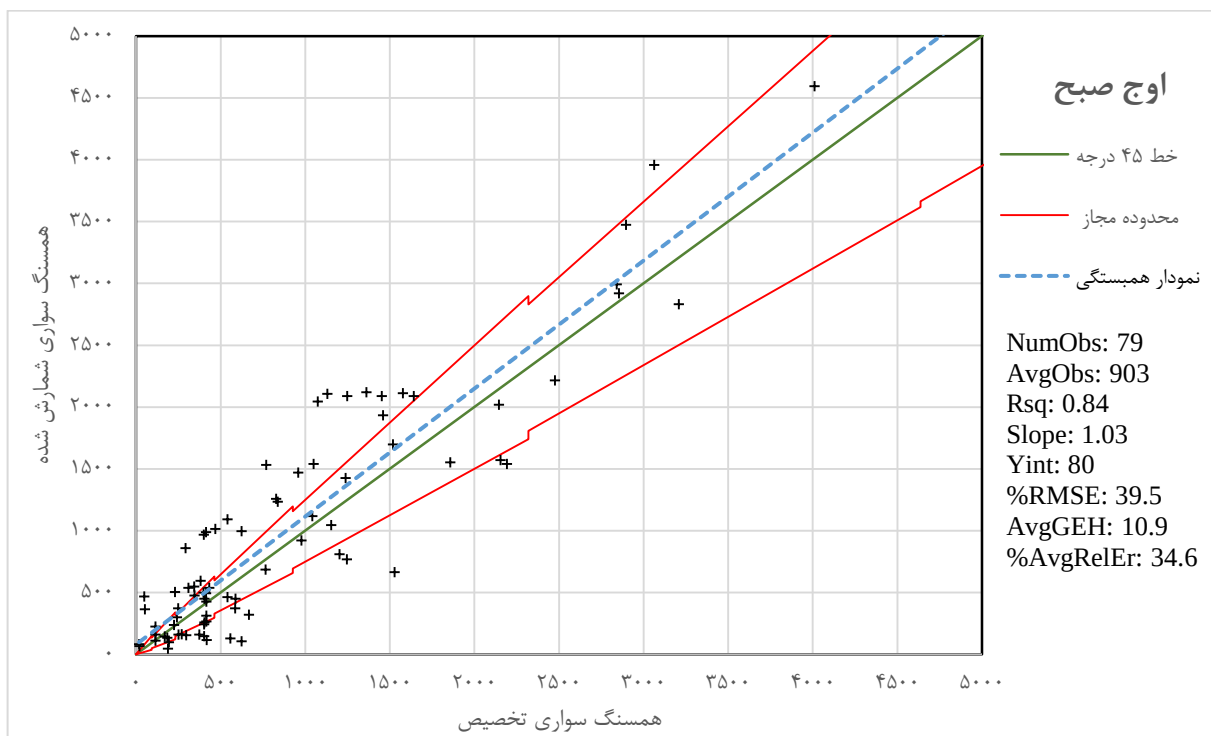
 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۵۱		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

جدول ۹-۴- مقایسه مجموع حجم عبوری تخصیص و شمارش حجم از ایستگاه‌های خط برش

نوع ماتریس تعمیم	قبل یا بعد از تصحیح	جهت خط برش	حجم حاصل از تخصیص	مجموع حجم شمارش شده	درصد اختلاف
اوج صبح	قبل از تصحیح	رو به شمال	۱۸۰۰۷	۱۶۳۲۲	۱۰,۳۲
		رو به جنوب	۱۹۲۰۹	۱۸۳۸۵	۴,۴۸
	بعد از تصحیح	رو به شمال	۱۶۵۸۴	۱۶۳۲۲	۱,۶۱
		رو به جنوب	۱۸۵۴۶	۱۸۳۸۵	۰,۸۸

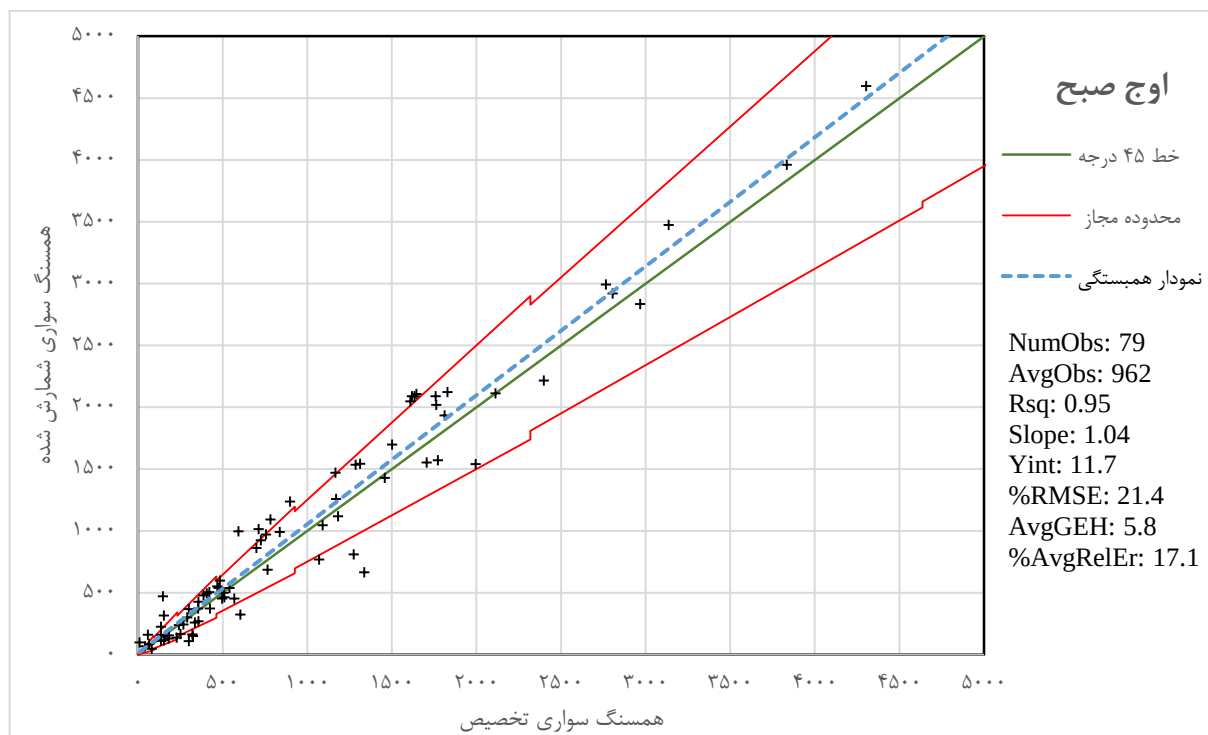
در شکل ۹-۴ و شکل ۱۰-۴ نمودار مشاهده برآورد حجم تردد کلیه ایستگاه‌ها قبل و بعد از تصحیح ماتریس برای دوره اوج صبح ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود قبل از انجام تصحیح ماتریس میزان ضریب همبستگی حدود ۰/۸۴ و درصد مجذور مربعات خطا (RMSE) حدود ۳۹,۵ است که دقت نسبتاً قابل قبولی دارد. این مقادیر بعد از انجام اصلاحیه با استفاده از روش Tflow-Fuzzy به حدود ۰/۹۵ و ۲۱,۴ درصد تغییر پیدا کرده و دقت نتایج در محدوده قابل قبول قرار گرفته است.

همچنین در شکل ۱۱-۴ تا شکل ۱۳-۴ نمودار مشاهده برآورد حجم تردد به تفکیک ایستگاه‌های خط برش، کمان منفرد و دروازه‌ای بعد از تصحیح ماتریس ارائه گردیده است که تمام پارامترهای آن در محدوده مجاز قرار دارد.

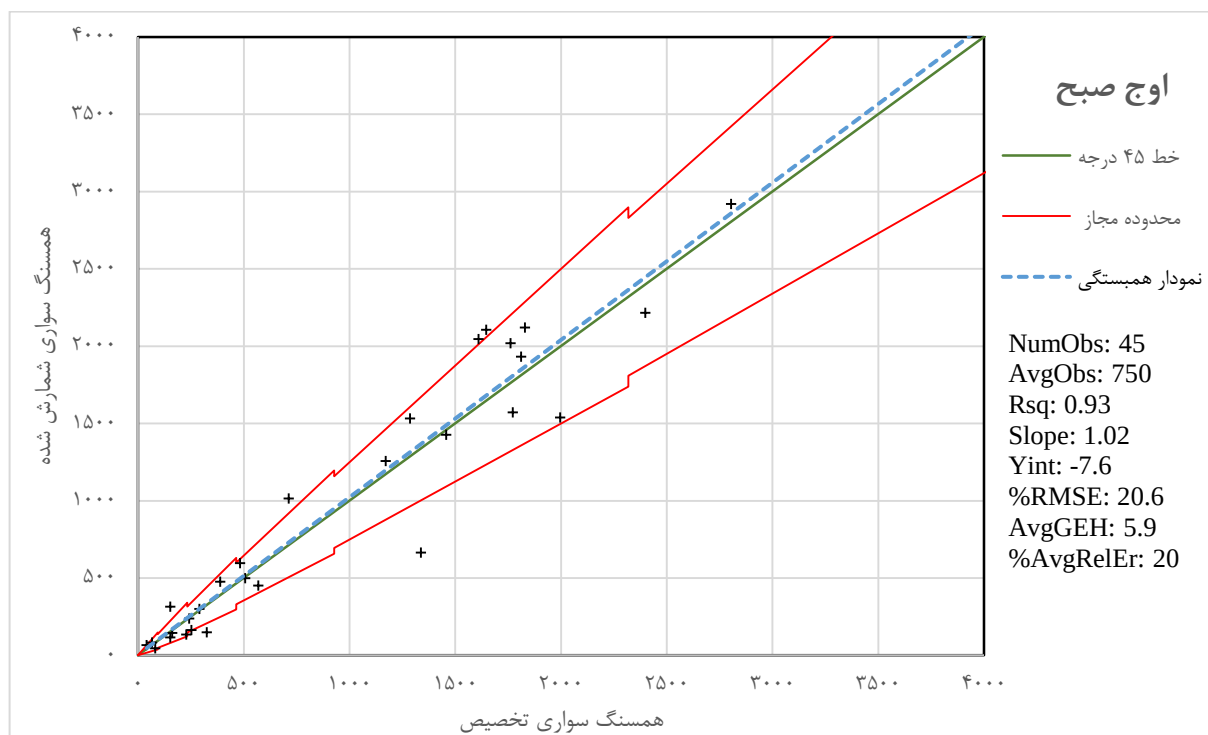


شکل ۹-۴- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح - تمام ایستگاه‌های شمارش حجم-قبل از تصحیح

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۵۲		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

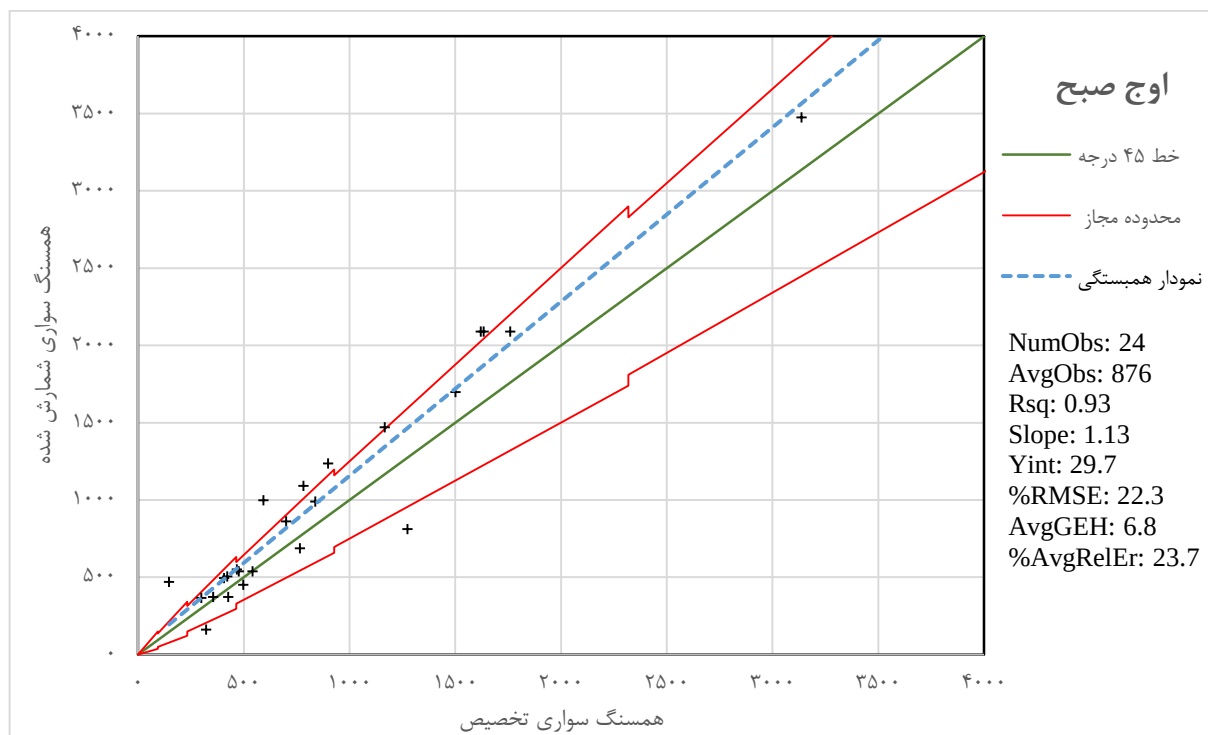


شکل ۴-۱۰- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح- تمام ایستگاه‌های شمارش حجم-بعد از تصحیح

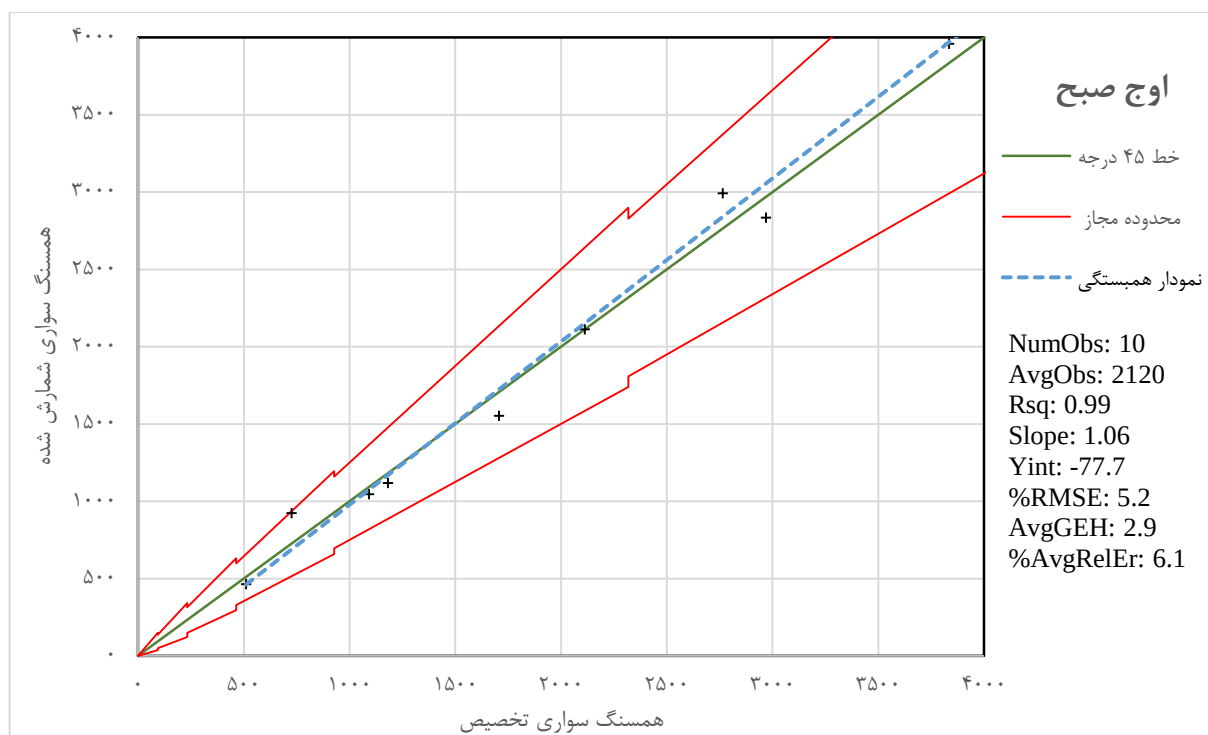


شکل ۴-۱۱- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح- ایستگاه‌های خط برش-بعد از تصحیح

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۵۳		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		



شکل ۴-۱۲- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح - ایستگاه‌های کمان منفرد - بعد از تصحیح



شکل ۴-۱۳- نمودار مشاهده برآورد - اوج صبح - ایستگاه‌های دروازه‌ای - بعد از تصحیح

از دیگر موارد مهم در اعتبارسنجی، درصد مجذور متوسط مربعات خطا است که در مطالعات گذشته دامنه تغییرات آن بین ۰/۲۲ تا ۰/۵ بوده است [۳،۵]. در جدول ۴-۱۰ بر اساس گروه حجم کمان، درصد

 مهندسین مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۵۴		ویرایش اول	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	 شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش		
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳		

مجذور متوسط مربعات خطا برای دوره اوج صبح ارایه شده است. گروه‌بندی حجم تردد روزانه، برگرفته از مرجع [۴] است. برای به دست آوردن گروه‌بندی حجم در ساعت اوج صبح، بر این اساس عمل شده که حجم تردد ساعات اوج چه درصدی از حجم تردد روزانه را تشکیل می‌دهد. سپس این ضریب، در گروه حجم‌های روزانه ضرب شده و گروه حجم ساعات اوج به دست آمده است. همچنین برای هر دوره زمانی درصد مجذور متوسط مربعات خطا برای تمام نقاط شمارش (فارغ از گروه‌بندی حجم) نیز محاسبه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود این مقدار برای تمام گروه‌های حجم در محدوده مجاز قرار دارد.

جدول ۴-۱۰- RMSE% اوج صبح برای یک روز عادی - بعد از تصحیح ماتریس

دوره	ردیف	گروه حجم	RMSE%	RMSE% مجاز	تعداد کمان
اوج صبح	۱	۰-۴۶۴	۴۳,۴۵	۱۱۵,۷۵۷	۳۱
	۲	۴۶۴-۹۲۷	۴۲,۲۱	۴۳,۱۴۱	۱۵
	۳	۹۲۷-۱۸۵۵	۱۹,۸۸	۳۰,۲۵۲	۱۷
	۴	۱۸۵۵-۳۷۱۰	۱۳,۵۹	۲۸,۲۷۲	۱۴
	۵	۳۷۱۰-۵۵۶۴	-	۲۵,۳۸۳	۲
	۶	۵۵۶۴-۸۳۴۷	-	۱۹,۱۹۹	۰
	کل نقاط شمارش حجم			۲۰,۶	۷۹

درصد خطای حجم تردد تک‌تک کمان‌ها از موارد دیگری است که مورد بررسی قرار می‌گیرد. جدول ۴-۱۱ بر اساس گروه حجم کمان، درصد خطای برآورد حجم تردد برای اوج صبح ارایه شده است. همان‌گونه که جدول ۴-۱۱ نشان می‌دهد، نتایج برآورد حجم تردد کمان از دقت بالایی برخوردار است.

جدول ۴-۱۱- خطای نسبی حجم تردد کمان‌ها برای اوج صبح یک روز عادی اردیبهشت ۱۳۹۷ - بعد از تصحیح

دوره	ردیف	گروه حجم	% خطای مجاز	% کمان‌ها با خطای مجاز	تعداد کمان
اوج صبح	۱	کمتر از ۹۳	۶۰	۶۶,۷	۳
	۲	۹۳-۲۳۲	۴۷	۵۰	۱۴
	۳	۲۳۲-۴۶۴	۳۶	۸۵,۷	۱۴
	۴	۴۶۴-۹۲۷	۲۹	۷۳,۳	۱۵
	۵	۹۲۷-۲۳۱۹	۲۵	۷۵,۹	۲۹
	۶	۲۳۱۹-۴۶۳۷	۲۲	۱۰۰	۶
	۷	بیشتر از ۴۶۳۷	۲۱	-	۰

 شهرداری ساری	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	ویرایش اول	صفحه ۵۵		 مهندسین مشاور عمران طرح البرز
		گزارش	شماره قرارداد	تاریخ	
		۰۳	۸۷۲۰۷	اسفند ۱۳۹۸	

۴-۳- اعتبارسنجی تصحیح انجام شده در ماتریس تقاضا

مجموع درایه‌های ماتریس تقاضای اوج صبح قبل از اعمال ضرایب اصلاحی به روش TFlowFuzzy و پس از انجام فرایند تصحیح با هم مقایسه و در صورتی که درصد کاهش/افزایش در کل ماتریس سفرها از مقدار مجاز (۱۰ درصد) کمتر باشد، ماتریس معتبر تلقی می‌شود. در جدول ۴-۱۲ این کنترل برای دو ماتریس همسنگ سواری تمام وسایل نقلیه انجام شده است.

جدول ۴-۱۲- بررسی میزان تغییر ماتریس بعد از اعمال فرآیند تصحیح ماتریس

افق زمانی ماتریس	نوع ماتریس	حجم قبل از تصحیح	حجم پس از تصحیح	درصد تغییر
اوج صبح	همسنگ سواری	۱۵۲۴۳۸	۱۵۸۰۹۱	۳,۷۱

 شهرداری ساری	ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار	ویرایش اول	صفحه ۵۶		 مهندسين مشاور عمران طرح البرز
		گزارش	شماره قرارداد	تاریخ	
		۰۳	۸۷۲۰۷	اسفند ۱۳۹۸	

۵- منابع و مراجع

- 1- J. D. Ortuzar and L. G. Willumsen, Modeling Transport, John Wiley & Sons, Ltd., 2011.
- 2-PTV AG, PTV-VISUM 16 Manual, Kalsruhe, Germany: PTV AG , 2017.
- 3-Webster, F.V Traffic Signal Setting, Report 39, Road Research Laboratory Crowthorne, Berkshire, England, 1958
- 4-Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 2000.
- ۵- مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن), "مطالعات جامع حمل و نقل مشهد، تابع زمان سفر- حجم، گزارش ۷۵-۰۲،" شهرداری مشهد، ۱۳۷۵.
- ۶- مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن), "مطالعات جامع حمل و نقل مشهد، تابع زمان تأخیر در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی، گزارش ۷۵-۰۴،" شهرداری مشهد، ۱۳۷۵.
- ۷- مهندسين مشاور راه‌های طلایی البرز، "مطالعات جامع حمل و نقل گرگان، ساخت و توسعه مدل‌های برنامه ریزی حمل و نقل شهر گرگان در سال پایه، گزارش GN-090-F-09-0،" شهرداری گرگان، ۱۳۹۳.
- ۸- دستورالعمل طبقه‌بندی معابر راه‌ها، وزارت کشور، ۱۳۹۸
- 9-Pignataro, L.J., "Traffic Engineering, Theory and Practice", Prentice Hall Inc., New Jersey, 1973.
- 10-"Model Validation and Reasonableness Checking Manual", Barton-Aschman Associates, Inc. , Cambridge Systematics, Inc., FHWA, February 1997.
- 11-Pedersen, N. J., Samdahl, D. R., "Highway Traffic Data for Urbanized Area Project Planning and Design (NCHRP Report 255)", Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., December 1982
- 12-Harvey, G., "A Manual of Regional Transportation Modeling Practice for Air Quality Analysis for" Natural Association of Regional Councils, Washington, D.C., July 1993.
- 13-"Puget Sound Regional Concile (PSRC) Travel Model Documentation", Cambridge systematic, Inc., September 2007.
- 14- "Transportation Models and Data Initiative: New York Best Practice Model (NYBPM)", Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc., January 30, 2005

 مهندسين مشاور عمران طرح البرز	صفحه ۵۷		ویرایش اول	 ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار شهرداری ساری
	تاریخ	شماره قرارداد	گزارش	
	اسفند ۱۳۹۸	۸۷۲۰۷	۰۳	

