

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
1 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر

ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل های تخصیص ترافیک

(بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)

تاریخ	تصویب کننده	تأیید کننده	کنترل کننده	تهیه کننده	وضعیت (STATUS)	ویرایش
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	محمود قطمیر	محمد حسین حمیدی شاد	سیدکمال سیدحسین	آرمان بهروز	ارسال جهت اظهارنظر - IFC	0A

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
2 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

صفحه ویرایش

صفحه	ویرایش 0A	ویرایش 0B	ویرایش 0C	ویرایش 0D	ویرایش 0E	صفحه	ویرایش 0A	ویرایش 0B	ویرایش 0C	ویرایش 0D	ویرایش 0E
۱	X					۳۱	X				
۲	X					۳۲	X				
۳	X					۳۳	X				
۴	X					۳۴	X				
۵	X					۳۵	X				
۶	X					۳۶	X				
۷	X					۳۷	X				
۸	X					۳۸	X				
۹	X					۳۹	X				
۱۰	X					۴۰					
۱۱	X					۴۱					
۱۲	X					۴۲					
۱۳	X					۴۳					
۱۴	X					۴۴					
۱۵	X					۴۵					
۱۶	X					۴۶					
۱۷	X					۴۷					
۱۸	X					۴۸					
۱۹	X					۴۹					
۲۰	X					۵۰					
۲۱	X					۵۱					
۲۲	X					۵۲					
۲۳	X					۵۳					
۲۴	X					۵۴					
۲۵	X					۵۵					
۲۶	X					۵۶					
۲۷	X					۵۷					
۲۸	X					۵۸					
۲۹	X					۵۹					
۳۰	X					۶۰					

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
3 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

۳-۶-۶- ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک	۶
۳-۶-۶-۱- مقدمه	۶
۳-۶-۶-۲- تخصیص ترافیک	۸
۳-۶-۶-۳- روش‌های حل مسئله تخصیص ترافیک	۱۱
۳-۶-۶-۴- مدل تخصیص ترافیک شهر بوشهر	۱۵
۳-۶-۶-۴-۱- اطلاعات تقاضا	۱۵
۳-۶-۶-۴-۲- اطلاعات عرضه	۲۰
۳-۶-۶-۵- توابع عملکردی	۲۷
۳-۶-۶-۶- آماده‌سازی فرآیند تخصیص ترافیک در نرم‌افزار TransCAD	۲۷
۳-۶-۶-۷- نتایج مدل تخصیص ترافیک برای سال ۱۳۹۴	۳۰

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
4 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

فهرست شکل‌ها

عنوان

صفحه

- شکل ۱-۳: نحوه تقسیم‌بندی شهر بوشهر به ۱۰ بزرگ ناحیه و ۶۲ ناحیه ترافیکی ۱۷
- شکل ۲-۳: بخشی از شبکه معابر تعریف شده شهر بوشهر در محیط نرم‌افزار TransCAD ۲۱
- شکل ۳-۳: موقعیت مراکز ثقل و کمان‌های مجازی در شبکه وضع موجود شهر بوشهر ۲۲
- شکل ۴-۳: بخشی از جدول متناظر با لایه شبکه (محل ذخیره اطلاعات توصیفی) ۲۳
- شکل ۵-۳: ساختار شبکه اتوبوسرانی شهر بوشهر (سال ۱۳۹۴) ۲۶
- شکل ۶-۳: جزء ابتدایی برنامه محاسبه تابع زمان سفر- حجم در کمان‌ها ۲۸
- شکل ۷-۳: حجم ترافیک عبوری در شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای روزانه ماتریس مبدأ-مقصد ۳۱
- شکل ۸-۳: نسبت حجم ترافیک عبوری به ظرفیت در شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای روزانه ماتریس مبدأ-مقصد ۳۲
- شکل ۹-۳: مقایسه شمارش حجم و نتایج تخصیص همسنگ سواری قبل از تصحیح ماتریس تقاضای کل روز ۳۶
- شکل ۱۰-۳: مقایسه شمارش حجم و نتایج تخصیص همسنگ سواری پس از تصحیح ماتریس تقاضای کل روز ۳۶
- شکل ۱۱-۳: حجم جریان ترافیک در شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای اصلاح شده روزانه سال پایه ۳۸
- شکل ۱۲-۳: نسبت حجم به ظرفیت در شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای اصلاح شده روزانه سال پایه ۳۹

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
5 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

فهرست جدول‌ها

عنوان

صفحه

- جدول ۱-۳: ضریب همسنگ سواری به تفکیک نوع وسیله نقلیه..... ۱۹
- جدول ۲-۳: مقایسه شمارش حجم و نتایج تخصیص همسنگ سواری قبل و پس از تصحیح ماتریس تقاضا ۳۴
- جدول ۳-۳: تبدیل حجم‌های روزانه به ساعت اوج برای محاسبه شاخص GEH ۳۷

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
6 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

۳-۶-۶- ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک

۳-۶-۶-۱- مقدمه

هر سیستم حمل و نقل از دو مؤلفه اصلی عرضه و تقاضا تشکیل شده است. در مطالعات جامع حمل و نقل شهرها تلاش می‌شود تا پس از شناسایی متغیرها و عوامل تاثیرگذار بر هر یک از این مؤلفه‌ها، رابطه میان آنها تعیین شود. جهت شناسایی و برآورد تقاضای حمل و نقل، عامل "سفر" به عنوان عنصر واحد در این حوزه، مورد بررسی قرار می‌گیرد. زیرا مجموعه‌ای از تک‌تک سفرها فعالیت حمل و نقل در شهر را بوجود می‌آورد. ممکن است مطالعات سفر خیلی کلی و یا همراه با جزئیاتی نظیر هدف سفر، زمان سفر، وسیله نقلیه و مشخصات مسافر یا بار باشد.

اطلاع از مشخصات و ویژگی‌های سفر و فرد مسافر نیازمند انجام مطالعات میدانی و آمارگیری‌های مختلفی از قبیل آمارگیری مبدأ- مقصد سفرهای ساکنین، آمارگیری دروازه‌ای مسافر و بار، آمارگیری پایانه‌ها و مکان‌های ویژه و آمارگیری خطوط برش است که از ابتدای مطالعات جامع حمل و نقل شهر بوشهر در چندین نوبت با دقت فراوان به انجام رسیده و نتایج حاصل از آن در پایگاه اطلاعاتی طرح جامع ثبت شده است. با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده نه تنها امکان دستیابی به تقاضای سفر با جزئیات مورد نیاز در سال پایه (سال ۱۳۹۴) فراهم شده است بلکه امکان برآورد این اطلاعات در افق‌های طرح نیز فراهم شده است. برآورد تقاضا شامل برآورد کمی اجزاء رفتار سفرها خواهد بود. به عبارتی دیگر از طریق برآورد تقاضای سفر مشخص می‌گردد که در افق طرح، چه تعداد سفر و با چه مشخصاتی (وسیله سفر، زمان سفر، مسیر سفر و ...) بین دو ناحیه مشخص انجام خواهد پذیرفت.

جهت انجام فرآیند برآورد تقاضای سفر روش‌های مختلفی وجود دارد. از سال ۱۸۵۰ میلادی به بعد، ارتباط فعالیت اقتصادی و اجتماعی با حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفت و از اوایل قرن بیستم مباحث جامعه‌شناسی و اقتصاد به طور جدی‌تر در تحلیل تقاضای حمل و نقل وارد شدند. در دهه پنجم قرن بیستم و پس از پایان دو جنگ جهانی و شروع اوج گیری فعالیت‌های اقتصادی جوامع غربی، ارتباط کاربری زمین با تقاضای حمل و نقل مطالعه گردید و با در نظر گیری کاربری به عنوان عامل ایجاد تقاضای سفر، ساختار فعلی و رایج "تحلیل تقاضا" شکل گرفت. در تحلیل مذکور، اقتصاد خرد نقش مهمی را ایفا می‌کند. این روش، که از مرحله بنیادی "برآورد کاربری زمین در آینده" و چهار مرحله اصلی برآورد تقاضای سفر، یعنی تولید و جذب سفر، توزیع سفر، تفکیک وسیله و تخصیص ترافیک تشکیل می‌شود، یکی از پایدارترین روش‌های تحلیل تقاضای حمل و نقل بوده است. البته در دهه‌های اخیر، از مدل‌های فعالیت مبنا (و حتی انواع پیشرفته‌تر آنها که رویکردهای پنداری، تصادفی و اتفاقی و ... به رفتار سفر دارند) نیز برای برآورد تقاضای سفر استفاده می‌شود. ولی روش چهارمرحله‌ای همچنان به عنوان یک روش کلاسیک مورد توجه اهل فن قرار دارد. در این روش نتایج هر مرحله، ورودی برای مرحله بعد خواهد بود. باتوجه به تجربیات مثبت حاصل از بکارگیری روش چهار مرحله‌ای در سایر شهرهای کشور، در

		شماره قرارداد: ۸۶۴ تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵ صفحه: 7 of 39							
شماره قرارداد:		PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر	
تاریخ آخرین بازنگری:		کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:	
صفحه:		T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا	

مطالعات طرح جامع حمل و نقل شهر بوشهر نیز از این روش برای برآورد تقاضا در افق‌های طرح استفاده شده است. که در این گزارش مرحله چهارم یعنی "تخصیص سفر" مورد مطالعه و بررسی قرار خواهد گرفت.

هدف دیگر این گزارش، تعریف مؤلفه عرضه سیستم حمل و نقل برای شهر بوشهر است. منظور از عرضه، آگاهی از کلیه امکانات و تسهیلات جابجایی و ویژگی‌های عملکردی آنهاست. امکانات جابجایی شامل ساختار شبکه ارتباطی و وسایل نقلیه می‌شود. ویژگی‌های عملکردی توسط توابع زمان سفر در انواع معابر شریانی، زمان تأخیر در تقاطع‌های چراغدار و بدون چراغ که به مدل‌های عرضه مشهورند و سایر مشخصات و ویژگی‌ها از جمله تعداد سرنشینان وسایل نقلیه، تعریف می‌شوند. در مطالعات جامع حمل و نقل شهر بوشهر دو نوع سیستم حمل و نقل در بخش عرضه در نظر گرفته شده است. سیستم خیابانی شهر بوشهر که کلیه وسایل نقلیه می‌توانند از آن استفاده کنند و دیگری سیستم حمل و نقل همگانی که مسافرین در مسیرهای خاصی از آن استفاده می‌کنند. مشخصات هر یک از این دو نوع سیستم شامل ساختار شبکه و جزئیات اطلاعات مربوط به آنها برای شهر بوشهر در سال پایه (سال ۱۳۹۴) گردآوری شده و در گزارش‌های جداگانه‌ای ارائه شده است. در این گزارش ضمن ارائه خلاصه‌ای از این اطلاعات و مدل‌های عرضه مختلفی که در رابطه با ویژگی‌های عملکردی سیستم حمل و نقل مورد استفاده قرار گرفته است، چگونگی استفاده از این اطلاعات در مدل تخصیص ترافیک تشریح خواهد شد.

همانطور که گفته شد یکی از اهداف اصلی مطالعات جامع حمل و نقل در یک شهر، آگاهی از رابطه میان دو مؤلفه عرضه و تقاضا در سیستم حمل و نقل شهر است. در سیستم‌های حمل و نقل یک نوع رابطه متقابل میان تقاضا و عرضه وجود دارد که برآیند آنها منجر به ایجاد تعادل در سیستم می‌شود. بدین ترتیب که از سویی استفاده‌کنندگان از سیستم حمل و نقل که تقاضای سفر را ایجاد می‌کنند سعی دارند از تسهیلات حمل و نقل یا همان عرضه به نحوی استفاده کنند که هزینه‌های جابجایی شامل هزینه استفاده از وسیله نقلیه و زمان سفر خود را حداقل کنند و از سوی دیگر با افزایش تعداد کاربران و استفاده‌کنندگان سیستم و در نتیجه ایجاد ازدحام، هزینه‌های استفاده از سیستم حمل و نقل افزایش می‌یابد. جریانی که از جابجایی در یک سیستم حمل و نقل براساس دو عامل فوق‌الذکر ایجاد می‌شود جریان تعادلی نام دارد که روش یافتن چنین جریانی تخصیص ترافیک نامیده می‌شود. هدف اصلی گزارش حاضر تشریح جزئیات مدل تخصیص ترافیک ساخته شده برای مطالعات جامع حمل و نقل شهر بوشهر است.

تحلیل نتایج بدست آمده از تخصیص تقاضای ترافیک بر روی سیستم حمل و نقل یک شهر، تنگناها و معضلات بخش‌های مختلف سیستم حمل و نقل آن را نمایان می‌سازد. علاوه بر تحلیل عملکرد سیستم و ارزیابی سطوح خدمت شبکه معابر، با استفاده از مدل تخصیص ترافیک می‌توان تأثیرات هرگونه تغییر در سیستم حمل و نقل از قبیل تغییر در مشخصات هندسی معابر و ویژگی‌های عملکردی آنها یا ایجاد تسهیلات جدید حمل و نقل را در وضع موجود یا افق‌های زمانی طرح، مورد تحلیل و بررسی قرار داد. البته در گزارش حاضر تنها ساخت و پرداخت و اعتبارسنجی مدل در سال ۱۳۹۴ مورد توجه قرار می‌گیرد و چگونگی عملکرد شبکه بصورت کمی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بررسی چگونگی عملکرد شبکه در افق‌های زمانی طرح موضوع گزارشات آتی خواهد بود.

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
8 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

۳-۶-۶-۲- تخصیص ترافیک

آخرین مرحله از فرآیند چهار مرحله ای برنامه ریزی حمل و نقل در خصوص چگونگی انتخاب مسیر سفر برای هر نوع وسیله نقلیه خاص است که با نام تخصیص ترافیک شناخته می شود. این مرحله را می توان به عنوان روند برقراری تعادل میان دو مؤلفه عرضه و تقاضای حمل و نقل برشمرد. بنابراین قبل از تشریح مسئله تخصیص ترافیک لازم است جریان تعادلی بصورت دقیق تعریف شود. برای این منظور فرض کنید در یک سیستم حمل و نقل، تکنولوژی حمل و نقل^۱ یا جابجایی (عرضه) با τ ، سطح استفاده از امکانات جابجایی (حجم ترافیک) با V و تابع اندازه گیری عملکرد^۲ سیستم، که تابعی از τ و V است، با P نشان داده شده اند. در این صورت سطح عملکرد (سطح خدمت^۳) سیستم، L ، را برحسب τ و V می توان به صورت رابطه (۱) نوشت:

$$L = P(\tau, V) \quad (1)$$

به عنوان مثال، در یک سیستم حمل و نقل، τ می تواند شامل شبکه خیابانی حمل و نقل درون شهری، V تعداد وسایل نقلیه مختلف در خیابان ها و L زمان سفر در خیابان های شبکه باشد. مؤلفه دیگر هر سیستم حمل و نقل یعنی تقاضا را استفاده کنندگان سیستم تشکیل می دهند که برای انجام سفرهای خود از امکانات و تسهیلات جابجایی (τ) استفاده می کنند. هر استفاده کننده سیستم باید از میان گزینه های در دسترس، تعدادی را انتخاب کند. هر گزینه ممکن است شامل دنباله ای از تصمیم ها مثل انجام سفر یا عدم انجام آن، انتخاب مقصد، انتخاب وسیله حمل و نقل و انتخاب مسیر باشد. فرض کنید برای هر استفاده کننده از سیستم مثل i با تابع مطلوبیت u_i ، d_i نشان دهنده تابع انتخاب این استفاده کننده از سیستم τ در سطح خدمت L باشد. در این صورت حجم ترافیک در سیستم (V) را برحسب تابع انتخاب تمام استفاده کنندگان سیستم می توان به صورت رابطه (۲) نوشت:

$$V = D(d_i(\tau, L, u_i)) \quad (\text{برای تمام } i\text{ها}) \quad (2)$$

که در آن D نشان دهنده تابع تقاضا برای کل سیستم است. با جایگزینی متغیر سطح خدمت، L ، از رابطه (۱) در رابطه (۲) خواهیم داشت:

$$V = D(d_i(\tau, P(\tau, V), u_i)) \quad (\text{برای تمام } i\text{ها}) \quad (3)$$

رابطه بالا بیان کننده حالت تعادل در یک سیستم حمل و نقل است و هر جریانی که در رابطه (۳) صدق کند، یک جریان تعادلی برای سیستم حمل و نقل نامیده می شود. در حالت کلی، با توجه به معلوم نبودن تابع انتخاب d_i برای تمام استفاده کنندگان یک سیستم حمل و نقل، پیدا

¹Transportation technology

² Performance function

³ Level of service

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور: مهندسین مشاور مترا
9 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	

کردن جریان تعادلی بسیار مشکل و پیچیده است. دلیل آن یکی زیاد بودن تعداد استفاده کنندگان (جمعیت یک شهر) و دیگری کمبود اطلاعات درباره مکانیزم تصمیم گیری آنها است. از این رو به ناچار باید فرض هایی را درباره نحوه تصمیم گیری استفاده کنندگان از سیستم در نظر گرفت. یک فرض ساده کننده این است که استفاده کنندگان از سیستم را می توان به گروه های همگن^۴ تقسیم کرد. این تقسیم بندی، که گاهی همفرونی^۵ نامیده می شود، ممکن است برحسب سطح درآمد، بزرگی خانوار، شغل و غیره از استفاده کنندگان صورت گیرد. در این نوع گروه بندی فرض بر این است که کلیه استفاده کنندگان در یک گروه مشابه هم تصمیم گیری می کنند. بطور کلی، در مورد نحوه تصمیم گیری استفاده کنندگان در یک گروه خاص، دو شیوه کاملاً متفاوت مدل سازی وجود دارد. در اولین شیوه فرض بر این است که رفتار استفاده کنندگان یک پدیده تصادفی با یک تابع توزیع مشخص است که نحوه تصمیم گیری آنها را توضیح می دهد. این شیوه، مدل سازی تصادفی^۶ یا ناهمفروزی^۷ نامیده می شود. شیوه دوم، مدل سازی قطعی^۸ است که در آن فرض بر این است که تعداد استفاده کنندگانی که در یک گروه خاص تصمیم مشخصی را اتخاذ می کنند توسط یک تابع تحلیل داده شده است. در این مطالعه تأکید بر شیوه دوم، یعنی مدل های قطعی است.

معمولاً در یک سیستم حمل و نقل، استفاده کنندگان در انتخاب گزینه های خود با زنجیره ای از تصمیم ها روبرو هستند. همانطور که قبلاً ذکر شد، این زنجیره شامل چهار مرحله اصلی یعنی تولید سفر (انجام یا عدم انجام سفر)، انتخاب مقصد، انتخاب وسیله حمل و نقل، و بالاخره انتخاب مسیر است. یک شیوه مدل سازی براساس این فرض است که چهار مرحله تصمیم گیری فوق به صورت متوالی^۹ و مستقل از یکدیگر صورت می گیرند. شیوه دیگر، که در ضمن واقعی تر است، این است که در مورد سه مرحله اول تصمیم گیری بطور همزمان^{۱۰} و مرحله چهارم، یعنی انتخاب مسیر، بطور جداگانه صورت می پذیرد. در نوع مدل های همزمان مورد نظر این مطالعه، فرض بر این است که برای هر زوج مبدأ-مقصد و هر نوع وسیله نقلیه، یک تابع تقاضا مانند D، داده شده است، که با توجه به سطح خدمت فعلی سیستم، تعداد استفاده کنندگان از سیستم را برای هر گروه مشخص می کند. بالاخره، آخرین فرض مورد نیاز، درباره نحوه انتخاب مسیر استفاده کنندگان است. در شبکه های حمل و نقل، طبق نظریه واردراپ^{۱۱}، انتخاب مسیر براساس دو قانون صورت می گیرد؛ یکی قانون بهینگی سیستم^{۱۲} و دیگری قانون

⁴ Homogeneous groups

⁵ Aggregation

⁶ Stochastic modeling

⁷ Disaggregate

⁸ Deterministic modeling

⁹ Sequential

¹⁰ Simultaneous

¹¹ Wardrop

¹² System optimized

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
10 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

بهینگی استفاده‌کننده^{۱۳}. در قانون اول فرض بر این است که تصمیم‌گیری درباره انتخاب مسیرها به صورت متمرکز است و جریان ترافیک در شبکه به نحوی توزیع می‌شود که کل هزینه عملکرد (زمان سفر) سیستم کمینه می‌شود. در قانون دوم فرض بر این است که تصمیم‌گیری به صورت غیر متمرکز است و هر استفاده‌کننده سیستم مسیر خود را به نحوی انتخاب می‌کند که دارای کمترین هزینه باشد. بطور کلی، جریان ترافیکی که توسط قانون اول بدست آمده باشد "تعادل سیستم" و در حالت دیگر "تعادل استفاده‌کننده" نامیده می‌شود. برای سیستم‌های حمل‌ونقل که در آنها سطح شلوغی پایین است (مانند شبکه‌های حمل‌ونقل بین شهری) دو جریان تعادلی اخیر تقریباً مشابه بوده و می‌توان از یکی برای تقریب دیگری استفاده کرد. ولی در حالتی که سیستم شلوغ باشد (مانند شبکه‌های حمل‌ونقل درون شهری در ساعات اوج ترافیک) اختلاف دو جریان تعادلی ذکر شده می‌تواند زیاد باشد. با توجه به وجود شلوغی در شبکه‌های درون شهری و امکان‌پذیر نبودن کنترل مرکزی، فرض تصمیم‌گیری غیر متمرکز برای استفاده‌کنندگان در انتخاب مسیرهای خود، فرض واقع‌بینانه‌تری است. از این رو در مطالعات جامع حمل‌ونقل بوشهر تأکید بر تعادل استفاده‌کننده خواهد بود. با توجه به فرض‌های فوق‌الذکر، اگر امکانات جابجایی یک سیستم حمل‌ونقل به صورت شبکه (N,L) نشان داده شود، که در آن N مجموعه گره‌های شبکه و L مجموعه کمان‌های شبکه است، در این صورت مسئله تخصیص ترافیک برای یافتن جریان تعادلی در سیستم حمل‌ونقل بر مبنای قانون تعادل استفاده‌کننده را در حالت کلی می‌توان به صورت مدل ریاضی (۴) نوشت:

$$T_p(h) - U_i^m \geq 0 \quad p \in P_i^m, i \in I, m \in M \quad (4)$$

$$(T_p(h) - U_i^m) h p = 0 \quad p \in P_i^m, i \in I, m \in M$$

$$\sum h_p = D_i^m(U) \quad i \in I, m \in M$$

$$p \in P_i^m$$

$$h \geq 0, U \geq 0$$

که در آن،

I = مجموعه زوج‌های مبدأ- مقصد،

i = یک زوج مبدأ- مقصد، $i \in I$

M = مجموعه انواع وسایل حمل و نقل (شامل انواع وسایل حمل و نقل مسافر و بار)

$$m \in M$$

m = شاخص یک نوع وسیله حمل‌ونقل، P_i^m

= مجموعه مسیرهای در دسترس بین مبدأ- مقصد i با وسیله نقلیه m،

p = یک مسیر، $p \in P_i^m$

hp = حجم جریان ترافیک در مسیر p،

¹³ User optimized

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
11 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

$h =$ بردار حجم جریان ترافیک $\{h_p\}$ برای تمام $m \in M, i \in I, p \in P_i^m$

$U_i^m =$ کوتاهترین زمان سفر بین مبدأ- مقصد i با وسیله نقلیه m

$U =$ بردار کوتاهترین زمان سفر $\{U_i^m\}$ برای تمام $m \in M, i \in I$

$D_i^m(U) =$ حجم تقاضا برای جابجایی بین مبدأ- مقصد i با وسیله نقلیه m که تابعی از بردار کوتاهترین زمان سفر است،

$T_p(h) =$ زمان سفر در مسیر p که تابعی از بردار جریان ترافیک است.

در این مدل، روابط اول و دوم تعادل استفاده کننده در سیستم را نشان می دهند. رابطه اول تضمین می کند که برای هر مبدأ- مقصد i و هر وسیله نقلیه m ، کوتاهترین زمان سفر در بین تمام مسیرهای ممکن بین این مبدأ- مقصد با این وسیله نقلیه باشد. رابطه دوم تضمین می کند که استفاده کنندگان تنها از مسیرهایی استفاده می کنند که دارای کوتاهترین زمان سفر باشند. رابطه سوم برابری مجموع جریان در مسیرهای ممکن بین مبدأ- مقصد i با وسیله نقلیه m و با تقاضای ایجاد شده بین آنها که تابعی از بردار کوتاهترین زمان است را نشان می دهد.

۳-۶-۶-۳ روش های حل مسئله تخصیص ترافیک

بطور کلی با بزرگتر شدن ابعاد شبکه حمل و نقل و افزایش نواحی ترافیکی، حل مسئله تخصیص ترافیک و یافتن کوتاهترین (کم هزینه ترین) مسیر بین زوج مبدأ - مقصدهای موجود مشکل تر و پیچیده تر می شود. شناسایی کلیه مسیرهای بین دو ناحیه ترافیکی، محاسبه میزان بازدارندگی و انتخاب مسیری که کمترین بازدارندگی را دارد برای تمامی مبادی و مقاصد سفر فرآیندی بسیار زمانبر و پیچیده است. در واقع می توان نشان داد مدل (۴) معادل یک مسئله کمبود تکمیلی غیرخطی^{۱۴} است. هرچند روش های خاصی برای حل این نوع از مسائل کمبود تکمیلی و در نتیجه حل مسئله تخصیص ترافیک در حالت عمومی وجود دارد، ولی در این مطالعه لزومی به استفاده از این روش های حل نیست. علت آن یکی عدم وجود مطالعات و اطلاعات کافی برای در نظرگیری توابع عمومی تقاضا و زمان سفر و دیگری امکان استفاده از روش های ساده تر و عملی تر برای حالات خاص است.

اعمال دو فرض زیر در مسئله تخصیص ترافیک حل مدل را تا حد زیادی ساده می کند:

فرض ۱- تابع تقاضا، D_i^m ، مستقل از بردار کوتاهترین زمان سفر، U ، بوده و مقدار ثابتی است.

فرض ۲- تابع زمان سفر برای مسیر p ، T_p ، به صورت مجموع زمان سفر در کمان های مسیر p است و زمان سفر در هر کمان تنها تابعی از حجم جریان ترافیک در آن کمان است.

در واقع فرض اول می گوید تعداد سفرهای با وسیله نقلیه m بین مبدأ- مقصد i مقدار ثابتی است و به چگونگی

¹⁴ Nonlinear complementarity problem

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
12 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

توزیع جریان ترافیک در شبکه و در نتیجه زمان های دسترسی بین مبدأ- مقصدهای مختلف بستگی ندارد. فرض دوم هم می گوید مدت زمان سفر یا تأخیر در یک کمان تنها به حجم جریان ترافیک در همان کمان بستگی دارد و به حجم جریان ترافیک در سایر کمان ها بستگی ندارد. البته ممکن است این فرض ها واقعی نباشند. به عنوان مثال می دانیم در یک خیابان دوطرفه زمان سفر در هر جهت خیابان به حجم جریان ترافیک جهت مقابل نیز بستگی دارد، یا در یک تقاطع زمان تأخیر به حجم جریان ترافیک تمام ورودی های تقاطع بستگی دارد، ولی با توجه به مطالعات اندکی که در مورد این نوع از وابستگی صورت گرفته است (خصوصاً در ایران)، در نظرگیری دو فرض فوق اجتناب ناپذیر است. به این نکته باید توجه شود که، در نظرگیری وابستگی های فوق بیشتر در برنامه ریزی های کوتاه مدت و در سطح عملکردی اهمیت دارند تا در سطح برنامه ریزی های دراز مدت که مورد نظر این مطالعه است. در ادامه برخی از مهمترین روش های حل مسئله تخصیص ترافیک به اختصار شرح داده شده اند.

الف- تخصیص ترافیک به روش همه یا هیچ^{۱۵}

در این روش کل ترافیک بین دو منطقه به مسیری که در شرایط دبی آزاد دارای کمترین مقدار بازدارندگی است (کوتاهترین یا کم هزینه ترین مسیر) اختصاص می یابد. نتایج بدست آمده از این روش تا حدود زیادی غیرواقعی است زیرا ممکن است علاوه بر مسیری که ترافیک به آن تخصیص داده شده است مسیرهای دیگری نیز وجود داشته باشند که دارای زمان سفر یکسان یا نزدیک به آن باشند. بعلاوه در این روش، تخصیص ترافیک بدون توجه به ازدیاد زمان سفر و کاهش ظرفیت در اثر افزایش میزان حجم عبوری و تراکم ترافیک در معبر صورت گرفته و زمان سفر در مسیر همواره ثابت در نظر گرفته می شود.

ب- تخصیص ترافیک جزئی^{۱۶}

یکی از روش های متداول حل مسئله تخصیص ترافیک، روش تخصیص ترافیک جزئی است. با وجود آنکه این روش ممکن است جواب دقیق مسئله را بدست ندهد، ولی با توجه به اینکه امکان در نظرگیری جزئیات بیشتری از سیستم حمل و نقل را فراهم می سازد در عمل کاربردهای زیادی دارد. به عنوان مثال، در این روش می توان تخصیص ترافیک را به تفکیک انواع وسایل نقلیه انجام داد، زمان تأخیر در تقاطع ها را تابعی از حجم ترافیک دیگر خیابان های ورودی به تقاطع ها در نظر گرفت و مناطق ممنوعه در شبکه برای برخی از وسایل را در مدل منظور کرد.

بطور خلاصه، نظریه روش تخصیص ترافیک جزئی این است که در هر مرحله، درصدی (جزئی) از تقاضای سیستم به شبکه تخصیص داده می شود و در حین تخصیص هر بخش از تقاضا، زمان سفر در کمان های شبکه ثابت فرض می شود و پس از تخصیص کامل هر بخش از تقاضا به شبکه، زمان سفر در کمان های شبکه با توجه

¹⁵ All or Nothing Assignment (AON)

¹⁶ Incremental Assignment

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						 شهرداری بند بوشهر
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
13 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

به مقادیر جدید جریان در آنها بهنگام می‌گردند. در واقع فرض نهفته در این روش این است که در هر مرحله، استفاده کنندگان سیستم تنها براساس رفتار استفاده‌کنندگان تخصیص یافته قبلی به سیستم تصمیم‌گیری می‌کنند. واضح است که هر چه در هر مرحله درصد کمتری از تقاضا به شبکه تخصیص داده شود، دقت روش در تعیین جریان تعادلی بیشتر خواهد شد.

ج- تخصیص ترافیک به روش محدودیت ظرفیت^{۱۷}

با افزایش دبی جریان و نزدیک شدن آن به حد ظرفیت، متوسط سرعت وسایل نقلیه از سرعت جریان آزاد به سمت سرعت در حداکثر دبی میل می‌کند. بعد از این نقطه اصطکاک داخلی بین وسایل نقلیه افزایش یافته، سطح خدمت در محدوده E و F قرار می‌گیرد و ترافیک به شکل قطاری حرکت کرده، موج‌های ضربه‌ای^{۱۸} فراوانی را تجربه خواهد کرد. تأثیر این پدیده بر نحوه تخصیص سفر با روش همه یا هیچ این است که با افزایش دبی جریان در کمان‌ها، متوسط سرعت در آنها کاهش و میزان بازدارندگی افزایش می‌یابد و در واقع وسایل نقلیه دیگر قادر به حرکت با سرعت آزاد نیستند. لذا روش‌هایی تدوین شده‌اند که با استفاده از روش همه یا هیچ و بعد از تکرار عملیات تخصیص سفر، بتوانند میان دبی جریان عبوری و مقادیر بازدارندگی تعادل ایجاد کنند. این روش‌ها را روش‌های با محدودیت ظرفیت می‌نامند.

الگوریتم‌های مختلفی برای تخصیص سفر با محدودیت ظرفیت وجود دارد. یکی از این الگوریتم‌ها که توسط CATS ارائه شده، ابتدا بخشی از ترافیک تولیدی همه مناطق (مثلاً ۲۰ درصد از کل ترافیک) را با استفاده از روش همه یا هیچ در کل شبکه توزیع می‌کند سپس با استفاده از تابع ظرفیت کمان‌ها، مقادیر جدید بازدارندگی را در هر کمان محاسبه و بخش دیگری از ترافیک را متناسباً و با روش همه یا هیچ تخصیص می‌دهد. این فرآیند تا تخصیص کل ترافیک به شبکه ادامه می‌یابد.

در روش ارائه شده توسط BPR^{۱۹} ابتدا کل ترافیک با روش همه یا هیچ در شبکه توزیع و مقادیر جدید بازدارندگی هر کمان محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از این مقادیر جدید بازدارندگی، توزیع مجدد صورت می‌گیرد. این کار تا زمان رسیدن شبکه به تعادل تکرار می‌شود. در بسیاری از موارد پس از تکرارهای بسیار زیاد شبکه به تعادل نمی‌رسد این مسئله کاربرد روش‌های ظرفیت محدود را کاهش داده است.

د- تخصیص ترافیک به روش تعادل استفاده‌کننده^{۲۰}

تخصیص ترافیک به روش تعادل استفاده‌کننده یک روند سعی و خطا را با تکرار عملیات تخصیص برای رسیدن به همگرایی و تعادل شبکه طی می‌کند بنحوی که در پایان هیچ یک از استفاده‌کنندگان نمی‌توانند مسیر دیگری که دارای زمان سفر کوتاهتر یا هزینه کمتری باشد را بیابند. در هر تکرار مقادیر بازدارندگی بر اساس

17 Capacity Restraint

18 shock wave

19 Bureau public Roads

20 User Equilibrium (UE)

ویرایش ۰۰ کد مدرک: EN- F- 06

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
14 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

حجم جریان عبوری از کمان محاسبه شده و مسیر بهینه انتخاب می‌شود این فرآیند تا رسیدن شبکه به تعادل ادامه می‌یابد.

ه- تخصیص ترافیک به روش تعادل تصادفی استفاده کننده^{۲۱}

روش تعادل تصادفی استفاده کننده یک روش تعمیم یافته از روش تعادل استفاده کننده است که در آن فرض می‌شود استفاده کنندگان از شبکه بطور کامل از مشخصات شبکه و زمان سفر در مسیرهای مختلف آگاهی ندارند در نتیجه ممکن است مسیرهای انتخاب شده توسط برخی از کاربران الزاماً کوتاه‌ترین مسیر موجود نباشد. این روش، نتایج واقع بینانه‌تری را نسبت به مدل‌های قطعی تعادل استفاده کننده ارائه می‌کند زیرا مسیرهایی که جذابیت و کشش کمتری دارند نیز همانند مسیرهای با کشش و جذابیت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این در حالیست که در روش تعادل استفاده کننده حجم جریان عبوری از مسیرهای با کشش نسبی کمتر صفر است.

و- تخصیص ترافیک به روش بهینگی سیستم^{۲۲}

یکی دیگر از روش‌های حل مسئله تخصیص ترافیک تبدیل آن به مسئله بهینه‌سازی و حل آن است. مزیت عمده این مدل این است که تعداد متغیرهای آن متناسب با تعداد کمان‌های شبکه است که به مراتب از تعداد متغیرهای روش‌های دیگر که متناسب با تعداد مسیرهای موجود در شبکه است کمتر است. بعلاوه روش‌های کارایی چون فرانک- ولف^{۲۳} برای حل آن وجود دارد که جواب دقیق مسئله را برای شبکه‌های واقعی در مقیاس بزرگ بدست می‌دهد.

در تخصیص ترافیک به شیوه بهینگی سیستم زمان سفر در کل شبکه کمینه می‌شود این در حالیست که ممکن است برخی استفاده کنندگان بتوانند با تغییر مسیر خود، مسیر کوتاه‌تری را پیدا کنند. بهمین دلیل همانطور که پیش‌تر نیز گفته شد این روش در شبکه‌های شلوغ شهری نتایج واقع بینانه‌ای ارائه نمی‌دهد و معمولاً مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

همانطور که در تشریح روش‌های مختلف حل مسئله تخصیص ترافیک ملاحظه شد، غالب روش‌های موجود برای رسیدن به همگرایی و ایجاد تعادل در شبکه از فرآیند "تکرار" استفاده می‌کنند. اصولاً بدلیل لزوم چنین فرآیندی است که از نرم‌افزارهای کامپیوتری استفاده می‌شود. افزایش تعداد سناریوهای پیشنهادی اصلاح و توسعه شبکه حمل و نقل شخصی و همگانی همراه با بزرگ‌تر شدن ابعاد شبکه، تحلیل گران را ناگزیر به استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری کرده است. بدون شک اجرا و استخراج نتایج سناریوهای مختلف و مقایسه آنها با یکدیگر در صورت عدم استفاده از این ابزار امکانپذیر نیست. ضمن اینکه بکارگیری نرم‌افزارهای کامپیوتری سبب

21 Stochastic User Equilibrium (SUE)

22 System Optimum Assignment (SO)

23 Frank - wolf

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
کارفرما: شهرداری بوشهر	REVISION	SEQUENCE	DOCUMENT	DISCIPLINE	PHASE	PROJECT	شماره قرارداد:	۸۶۴
مشاور: مهندسین مشاور مترا	ویرایش	شماره مدرک	نوع مدرک	واحد تخصصی	فاز	کد پروژه-نوع پروژه	تاریخ آخرین بازنگری:	۱۴۰۰/۰۳/۰۵
	0A	3015	REP	TR	P1	T-BOHR	صفحه:	15 of 39

افزایش سرعت و دقت در فرآیند برنامه‌ریزی حمل و نقل نیز می‌شود.

در دهه‌های گذشته برنامه‌های کامپیوتری مختلفی برای حل مسائل تخصیص ترافیک و پیدا کردن جریان تعادلی در شبکه نوشته شده‌اند. نرم‌افزارهای TransCAD و EMME/2 نمونه‌هایی از این برنامه‌ها هستند که بیش از سایرین در طرح‌های جامع حمل و نقل شهرهای کشور مورد استفاده قرار گرفته و تجربیات موفقیت‌آمیزی از بکارگیری آنها حاصل شده است. در گزارشی از مجموعه گزارش‌های طرح جامع حمل و نقل شهر بوشهر نرم‌افزارهای مختلف بطور مفصل مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند و برتری‌های نرم‌افزار TransCAD نسبت به سایر نرم‌افزارها مشخص گردید. لذا همانطور که گفته شد در مطالعات طرح جامع حمل و نقل شهر بوشهر برای حل مسئله تخصیص ترافیک و سایر مراحل برنامه‌ریزی حمل و نقل از نرم‌افزار TransCAD بهره گرفته شده است. شایان ذکر است نرم‌افزار TransCAD از کلیه شیوه‌های حل مسئله تخصیص ترافیک که پیش‌تر شرح داده شد پشتیبانی می‌کند.

در مطالعات طرح جامع حمل و نقل شهر بوشهر، تخصیص ترافیک شخصی براساس روش تعادل تصادفی استفاده‌کننده و با بکارگیری قابلیت تخصیص ترافیک چند وسیله‌ای^{۲۴} نرم‌افزار TransCAD صورت پذیرفته است. این روش امکان تخصیص همزمان وسایل نقلیه مختلف با تقاضا و شبکه خیابانی مخصوص برای هر یک را فراهم می‌آورد. ولی در نهایت تمام وسایل نقلیه با ضرایبی به یک وسیله نقلیه همسنگ سواری^{۲۵} تبدیل می‌شوند و حجم ترافیک در کمان‌های شبکه براساس این نوع وسیله نقلیه بدست می‌آید. توابع زمان سفر در کمان‌ها و تقاطع‌ها نیز برحسب همین کمیت محاسبه می‌شوند.

۳-۶-۶-۴- مدل تخصیص ترافیک شهر بوشهر

۳-۶-۶-۱- اطلاعات تقاضا

در مطالعات جامع حمل و نقل شهر بوشهر به منظور جمع‌آوری اطلاعات اقتصادی- اجتماعی خانواده‌ها و سفرها، تعیین مؤلفه‌های مؤثر بر مدل‌های تقاضا و سپس برآورد تقاضا، محدوده مورد مطالعه، ناحیه‌بندی شده است. بر این اساس شهر بوشهر به ۶۲ ناحیه ترافیکی تقسیم شده است. ۴ ناحیه نیز دروازه‌های ورودی شهر را شامل می‌شوند که شرح کامل آنها در گزارش‌های مربوطه ارائه شده است. نواحی خارجی شهر بوشهر نیز متناظر با دروازه‌های شهر می‌باشد. باتوجه به تعداد زیاد نواحی ترافیکی، ارائه نتایج مختلف در هر مرحله برای کلیه آنها مشکل‌ساز خواهد بود. بدین منظور، جهت رفع این مشکل و کاهش حجم جداول و گزارشات و نیز قابل استفاده بودن برای مدیران، برخی نواحی ترافیکی با رعایت ملاحظات در کنار یکدیگر جمع شده و بزرگ نواحی ترافیکی را تشکیل داده‌اند. به این ترتیب شهر بوشهر به ۱۰ بزرگ ناحیه ترافیکی تقسیم شده است. شکل ۳-۱ نشان دهنده نحوه انجام این طبقه‌بندی و نواحی ترافیکی محصور در هر بزرگ ناحیه است.

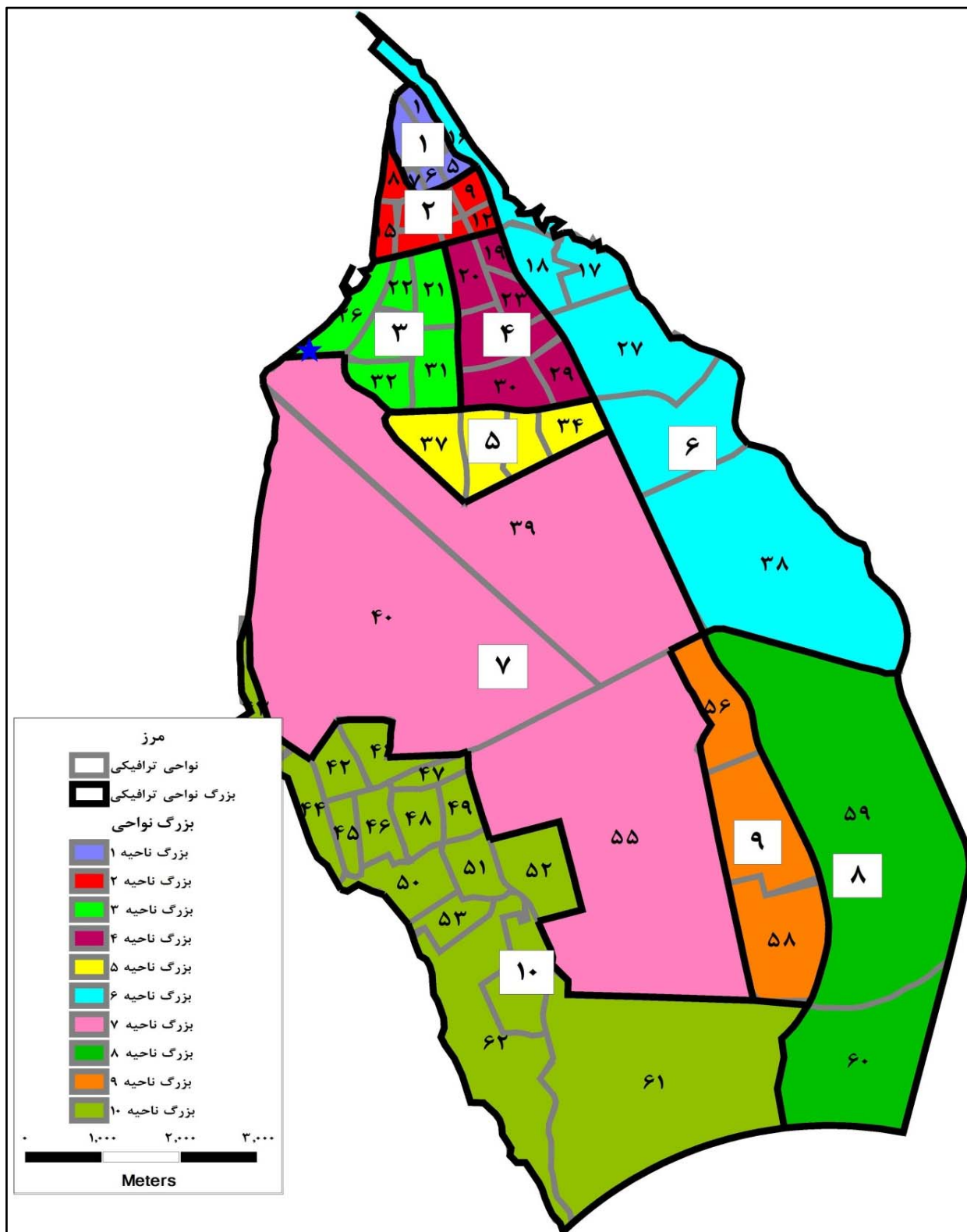
²⁴ Multi-Modal Multi-class assignment

²⁵ Passenger car equivalent (PCE)

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور: مهندسین مشاور مترا
16 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	

بمنظور دستیابی به اطلاعات تقاضا و تعداد سفر بین نواحی ترافیکی در محدوده مورد مطالعه شهر بوشهر، آمارگیری های مختلفی از قبیل آمارگیری مبدأ- مقصد سفرهای ساکنین، آمارگیری دروازه ای مسافر و بار، آمارگیری پایانه ها، فرودگاه و آمارگیری خطوط برش صورت گرفته است که جزئیات مربوط به آنها در گزارش های پیشین ارائه شده است. با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در این آمارگیری ها ماتریس مبدأ- مقصد^{۲۶} سفرهای ساکنین شهر بوشهر به تفکیک وسیله نقلیه، هدف سفر و سایر موارد مورد نظر در طول ساعات مختلف شبانه روز حاصل شده است. پایگاه اطلاعاتی حاصل از آمارگیری های انجام شده نه تنها امکان دستیابی به تقاضای سفر با جزئیات مورد نیاز در سال ۱۳۹۴ را فراهم می سازد بلکه امکان برآورد این اطلاعات در افق های طرح را نیز از طریق ساخت و پرداخت مدل های برآورد تقاضا بوجود می آورد. اما در گزارش حاضر بمنظور سهولت تشریح فرآیند تخصیص ترافیک، تنها مشخصات سفرهای مربوط به سال ۱۳۹۴ (سفرهای مشاهداتی) مورد تحلیل و بررسی قرار خواهد گرفت.

۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
17 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا



شکل ۳-۱: نحوه تقسیم‌بندی شهر بوشهر به ۱۰ بزرگ ناحیه و ۶۲ ناحیه ترافیکی

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
18 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

عملیات مربوط به تبدیل اطلاعات اولیه تقاضا به اطلاعات نهایی تقاضا را می‌توان به دو بخش عمده تقسیم کرد؛ بخش اول مربوط به تلفیق اطلاعات آمارگیری‌های مختلف انجام شده و بخش دوم مربوط به ساخت ماتریس‌های نهایی تقاضا برای مدل تخصیص ترافیک. مراحل طی شده در این فرآیند را می‌توان به ترتیب زیر خلاصه نمود.

الف- حذف سفرهای دروازه‌ای تکراری

همانطور که پیش‌تر بیان شد جهت دستیابی به ماتریس سفرهای روزانه شهر بوشهر آمارگیری‌های مختلفی انجام شده است که ممکن است برخی از سفرها در آمارگیری‌های مختلف تکرار شده باشند. از جمله می‌توان به سفرهای انجام شده بین نواحی داخلی شهر بوشهر (نواحی ۱ تا ۶۲ که در شکل ۳-۱ نشان داده شده‌اند) و نواحی خارجی آن اشاره کرد. این سفرها بطور کامل در آمارگیری دروازه‌ای مسافر وجود دارند و بخشی از آنها در سایر آمارگیری‌ها از جمله آمارگیری ساکنین نیز تکرار شده‌اند. بمنظور جلوگیری از دوباره شماری این سفرها، در آمارگیری دروازه‌ای سفرهای بین نواحی داخلی و در سایر آمارگیری‌ها سفرهای بین نواحی داخلی و خارجی حذف شده‌اند.

ب- اصلاح سفرهای پایانه اتوبوسرانی

در آمارگیری‌های مبدأ- مقصد انجام شده در شهر بوشهر، نقطه شروع هر سفر به عنوان مبدأ و نقطه پایان سفر به عنوان مقصد و وسیله نقلیه‌ای که بخش عمده سفر بوسیله آن انجام می‌شود به عنوان وسیله نقلیه سفر شناخته می‌شود. اما این روند در سفرهای دروازه‌ای که از نواحی خارجی به نواحی داخلی یا بالعکس و با استفاده از اتوبوس‌های غیرواحد انجام می‌پذیرد برقرار نیست. بخش عمده این سفرها از طریق پایانه اتوبوسرانی شهر بوشهر که در ناحیه ۳۸ قرار گرفته است انجام می‌شود. در نتیجه باید مبدأ یا مقصد این سفرها به این ناحیه تغییر یابد. برای رفع این مشکل مبدأ (یا مقصد) کلیه سفرهای دروازه‌ای که از نواحی داخلی به هر یک از نواحی خارجی یا بالعکس از نواحی خارجی به نواحی داخلی و با استفاده از اتوبوس غیرواحد انجام شده بود، به آدرس پایانه فوق (ناحیه ۳۸) تغییر یافت.

پ- تجمیع سفرها

پس از انجام مراحل قبلی، جهت دستیابی به ماتریس‌های مبدأ- مقصد سفرهای باری و مسافری برای دوره‌های زمانی مختلف به تفکیک انواع وسایل نقلیه مسافری، اطلاعات بدست آمده از آمارگیری‌های مختلف با یکدیگر تلفیق شده‌اند. این اطلاعات برای سفرهای مسافری بر حسب نفر و برای سفرهای باری بر حسب وسیله نقلیه باری است.

بر این اساس اطلاعات بدست آمده از آمارگیری مبدأ- مقصد ساکنین که شامل سفرهای انجام شده میان نواحی داخلی شهر (۱ تا ۶۲) می‌شود با اطلاعات بدست آمده از سفرهای دروازه‌ای که از نواحی خارجی به نواحی داخلی و یا بالعکس صورت گرفته و همچنین اطلاعات حاصل از آمارگیری پایانه اتوبوسرانی (واقع در ناحیه ۳۸) و فرودگاه (واقع در ناحیه ۳۹) تلفیق شده و نهایتاً ماتریس‌های مبدأ- مقصد تقاضا به تفکیک انواع وسایل نقلیه برای هر دوره زمانی موردنظر از روز شکل گرفته است.

		شماره قرارداد: ۸۶۴ تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵ صفحه: 19 of 39						کارفرما: شهرداری بوشهر مشاور: مهندسین مشاور مترا	
شماره قرارداد: ۸۶۴		PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر	
تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵		کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور: مهندسین مشاور مترا	
صفحه: 19 of 39		T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A		

ت- اعمال ضرایب سرنشین

ماتریس های بدست آمده در پایان مراحل فوق الذکر، برحسب سفر- نفر هستند، که برای تبدیل آنها به ماتریس های مورد نیاز فرآیند تخصیص ترافیک می بایست به ماتریس های سفر- وسیله تبدیل شوند. این امر با اعمال ضرایب سرنشین که نشان دهنده متوسط تعداد سرنشینان وسایل نقلیه است صورت می پذیرد. جهت برآورد متوسط تعداد سرنشینان انواع وسایل نقلیه در دوره های زمانی مختلف از روز، آمارگیری شمارش سرنشین، در ایستگاه های متعددی از خطوط برش و نیز ایستگاه های منفرد به طور همزمان انجام شده است. از تقسیم ماتریس های مبدأ- مقصد سفر- نفر بر ضرایب سرنشین انواع وسایل نقلیه، ماتریس مبدأ- مقصد سفرهای شهر بوشهر در دوره های زمانی مختلف حاصل می شود.

ث- اعمال ضرایب همسنگ سواری

تفاوت در مشخصات فیزیکی و عملکردی وسایل نقلیه نظیر ابعاد وسیله، قدرت مانور، نسبت توان موتور به وزن، شتاب تندشونده و کندشونده، حداکثر سرعت مطلوب و نحوه حرکت آنها سبب می شود انواع وسایل نقلیه تأثیرات متفاوتی بر ترافیک داشته باشند. بطور مثال عملکرد یک اتوبوس واحد بواسطه قدرت مانور کم و تعداد زیاد توقف ها در ایستگاه های مختلف به هیچ وجه مشابه با عملکرد یک موتورسیکلت یا سواری نیست به همین علت ضروریست تا اثر انواع وسایل نقلیه بر کارکرد سیستم حمل و نقل و بر کمیت هایی چون سرعت و زمان سفر در شبکه از طریق اعمال ضریبی مناسب برای هر نوع وسیله نقلیه و تبدیل آن به یک وسیله نقلیه معیار در نظر گرفته شود. وسیله نقلیه معیار معمولاً، وسیله نقلیه سواری شخصی است و به ضریبی که برای تبدیل انواع وسیله نقلیه به سواری شخصی در نظر گرفته می شود وسیله نقلیه همسنگ سواری گفته می شود. ضرایب همسنگ مورد استفاده در این مطالعه که در جدول ۱-۳ نشان داده شده اند از نشریه ۱۴۵ وزارت مسکن و شهرسازی استخراج گردیده است. این مقادیر براساس قضاوت کارشناسی و باتوجه به تحقیقات انجام شده در سایر کشورها انتخاب شده و با تحلیل حساسیت ویژگی های ترافیک در شهرهای ایران نهایی شده اند.

جدول ۱-۳: ضریب همسنگ سواری به تفکیک نوع وسیله نقلیه

سواری شخصی	تاکسی و مسافرکش	مینی بوس	اتوبوس واحد	اتوبوس غیر واحد	موتور	دوچرخه	وانت	باری سنگین
۱	۲	۲	۵	۲/۵	۰/۵	۰/۵	۱	۲/۵

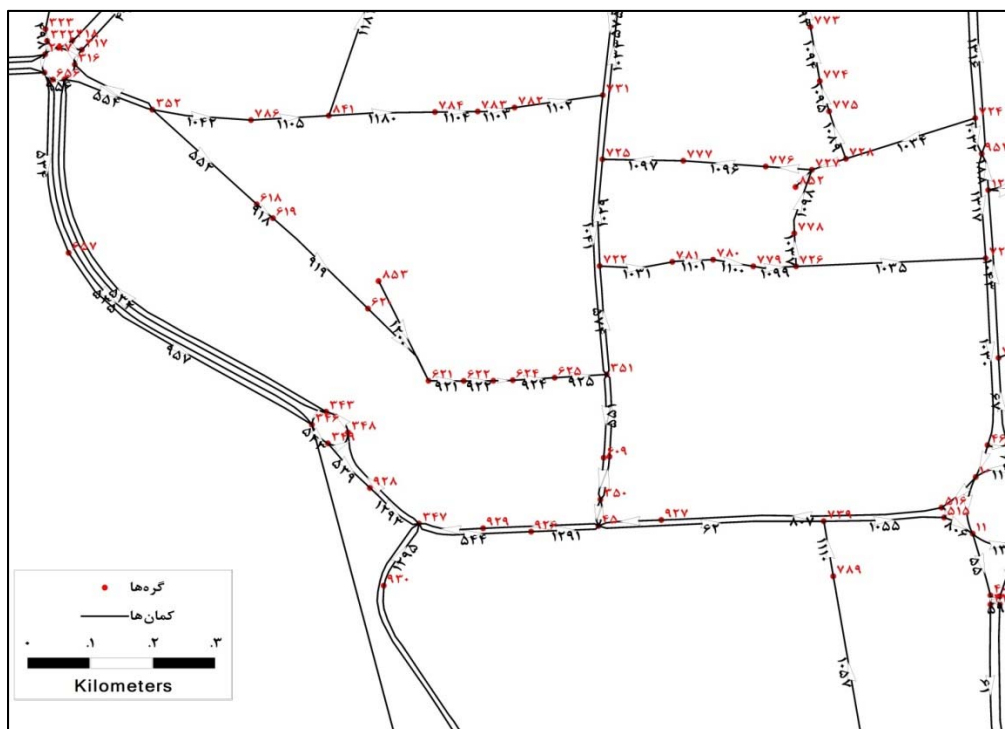
ج- ماتریس های نهایی تخصیص ترافیک

پس از اعمال ضرایب همسنگ سواری و متوسط تعداد سرنشینان، ماتریس نهایی سفرهای شهر بوشهر به تفکیک انواع وسایل نقلیه در دوره های زمانی مختلف روز حاصل می شود.

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور: مهندسین مشاور مترا
21 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	

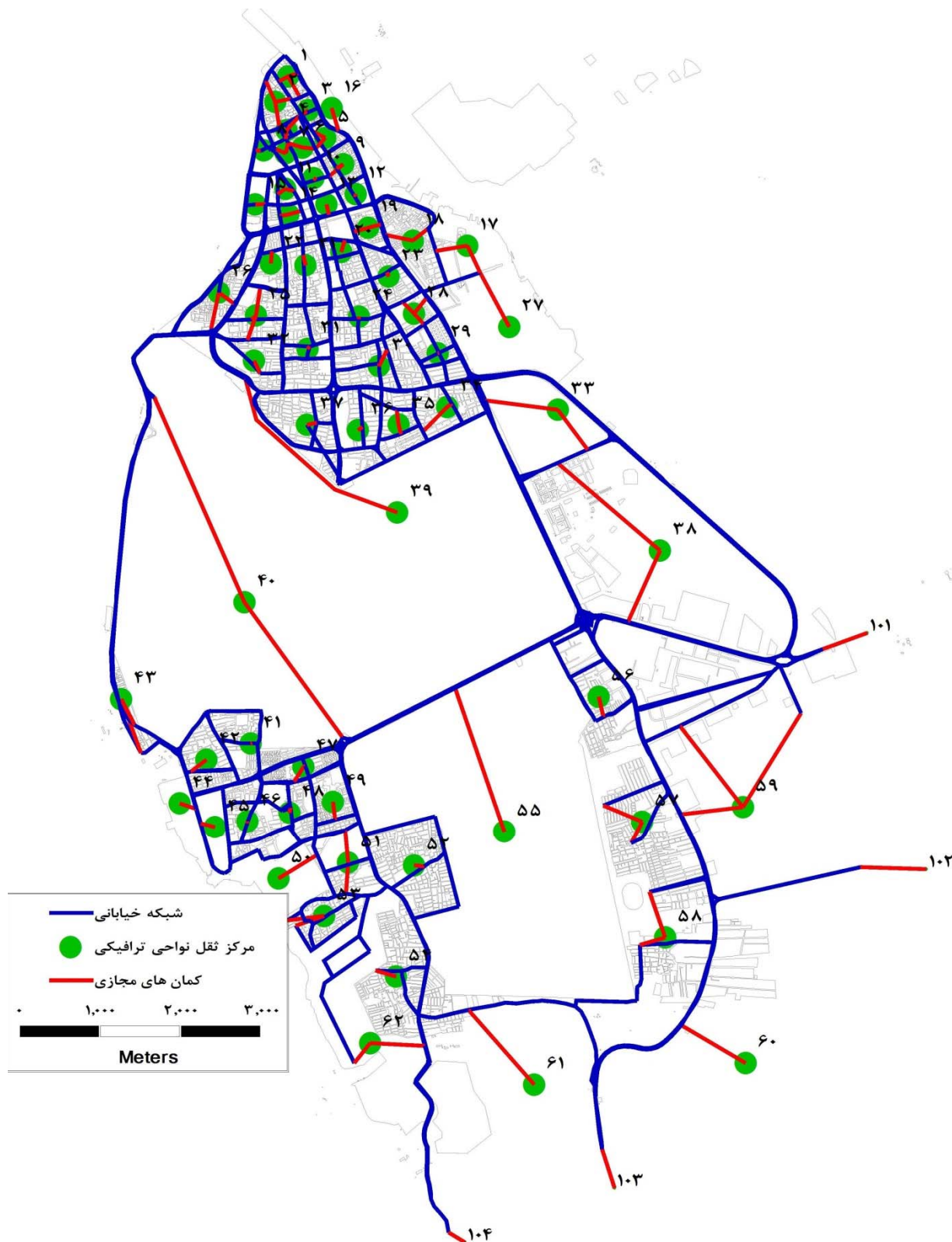
شروع و نقطه ۷۳۹ نقطه پایان این معبر تلقی می‌شود. در TransCAD به منظور ایجاد تمایز بین نقاط ابتدا و انتهای یک کمان، امکان لحاظ نمودن امتداد فیزیکی کد شده معابر وجود دارد. با فعال نمودن گزینه نمایش Topology در تنظیم کادر محاوره‌ای نمایش امتداد کمان‌ها، پیکان‌های متناظر امتداد فیزیکی هر کمان نمایش داده می‌شود. در شبکه نمونه نشان داده شده در شکل ۲-۳ جهت امتداد کمان‌ها نیز نشان داده است. لازم به ذکر است جهت جریان ترافیک در معابر، ماهیتی کاملاً متفاوت با امتداد (توپولوژی) معبر در مدل‌سازی دارد. در واقع در هر قطعه مفهوم توپولوژی یا امتداد، برای نشان دادن اطاعات توصیفی یک معبر در جهت رفت و برگشت مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نشان دادن اطلاعات هر یک از معابر در جهت مشابه با امتداد نشان داده شده در مدل‌سازی از کد "AB" در ابتدای نام ویژگی استفاده می‌شود و جهت نشان دادن همان ویژگی در جهت عکس امتداد نشان داده شده در مدل‌سازی از کد "BA" در ابتدای نام ویژگی استفاده می‌شود.

شبکه معابر شهر بوشهر بشرح فوق‌الذکر در محیط نرم افزار TransCAD مدل‌سازی شده است. این شبکه شامل ۱۲۷۹ کمان و ۸۸۷ گره است. ۱۰۳ کمان از کمان‌های مذکور مربوط به کمان‌های مجازی اتصال دهنده مراکز تولید و جذب سفر (مراکز نواحی ترافیکی) به شبکه معابر است. شکل ۳-۳ نشان‌دهنده موقعیت کمان‌های مجازی در شبکه وضع موجود شهر بوشهر است. نقاط سبز رنگ نیز محل مراکز تولید و جذب سفر را نشان می‌دهند. کلیه کمان‌های مجازی بصورت دوطرفه فرض شده‌اند و عرض خط در هر طرف برابر با ۳ متر در نظر گرفته شده است. گره‌هایی که در شبکه به عنوان مراکز تولید و جذب سفر در نظر گرفته شده‌اند، دارای مشخصات ویژه‌ای هستند و در لایه "Network Endpoints" با کد ۹ (Type=9) از سایر نقاط متمایز شده‌اند.



شکل ۲-۳: بخشی از شبکه معابر تعریف شده شهر بوشهر در محیط نرم‌افزار TransCAD

۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
22 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا



شکل ۳-۳: موقعیت مراکز ثقل و کمان‌های مجازی در شبکه وضع موجود شهر بوشهر

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
23 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

کمان‌های شبکه معابر شهر بوشهر در لایه کمان‌ها مدل شده و اطلاعات توصیفی آنها در جدول متناظر با لایه ذخیره می‌شود. شکل ۳-۴ نشان‌دهنده بخشی از اطلاعات توصیفی ذخیره شده در جدول متناظر با لایه شبکه معابر شهر بوشهر است. ستون اول (ID) نشان‌دهنده مشخصه یا کد شناسایی کمان و ستون دوم (Length) نشان‌دهنده طول قطعه است. هر یک از معابر می‌توانند برحسب طول و تعداد تقاطع‌های موجود در مسیر به چند قطعه تقسیم شوند. همانطور که در شکل نیز مشاهده می‌شود بلوار آیت‌الله طالقانی و بلوار شهدای نیروی دریایی به چندین قطعه تقسیم شده‌اند. ستون سوم (Dir) بیانگر یکطرفه یا دوطرفه بودن کمان است. کمان‌های یکطرفه باتوجه به جهت جریان ترافیک با کدهای ۱ و ۱- و کمان‌های دوطرفه با کد صفر مشخص می‌شوند. درجه عملکردی یک معبر نیز با Type نشان داده می‌شود. AB_Width و BA_Width نمایانگر عرض سواره‌رو هستند که اولی عرض سواره‌رو در جهت مشابه با امتداد کمان و دومی عرض سواره‌رو را در جهت عکس امتداد کمان نشان می‌دهد. عرض پارکینگ در هر جهت نیز با AB_Parking و BA_Parking نشان داده شده است.

TransCAD (Licensed to 1001 Empreendimentos) - [کمان‌ها - Datiview1]

File Edit Datiview Selection Tools Procedures Networks/Paths Route Systems Planning Transit Routing/Logistics Statistics Window Help

All Records

ID	Length	Dir	Farsi name	AB_Width	BA_Width	AB_Parking	BA_Parking	Field_1	Type	One Way	Two-Way	Zone
۱۹۳	۰.۳۰	۱	بلوار آیت الله طالقانی ۱	۱۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۱	---	---	۳۲
۲۵۵	۱.۲۱	۱	بلوار شهدای نیرو دریایی ۱	۱۰.۵۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۱	---	---	۳۹
۵۰۱	۰.۷۱	۱		۷.۵۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۲	---	---	۳۹
۵۰۲	۰.۳۳	۱		۸.۰۰	۰.۰۰	۲.۵۰	۰.۰۰	---	۲	---	---	۳۴
۷۹۸	۱.۸۹	۱	(بزرگراه امام علی (ع) ۱	۱۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۱	---	---	۳۲
۹۵۵	۰.۱۵	۱	بلوار آیت الله طالقانی ۱	۱۱.۰۰	۰.۰۰	۲.۵۰	۰.۰۰	---	۱	---	---	۳۴
۹۹۰	۱.۲۵	+		۲.۵۰	۲.۵۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۴	---	۱۳۴۸	۶۱
۱۱۱۷	۱.۰۲	۱	(بزرگراه امام علی (ع) ۱	۱۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۱	---	---	۲۷
۱۱۸۷	۰.۷۶	+		---	---	---	---	---	۹	---	---	---
۱۲۰۶	۰.۱۷	۱		۸.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۶	---	---	۳۲
۱۲۵۲	۱.۸۸	+		---	---	---	---	---	۹	---	---	---
۱۲۵۳	۱.۳۳	۱	بلوار شهدای نیرو دریایی ۱	۱۱.۵۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۱	---	---	۵۵
۱۳۶۸	۱.۲۳	+		---	---	---	---	---	۹	---	---	---
۲۱	۰.۱۶	۱	بلوار آیت الله طالقانی ۱	۱۲.۰۰	۰.۰۰	۲.۵۰	۰.۰۰	---	۱	---	---	۲۷
۱۵۰	۰.۰۵	۱		۱۲.۵۰	۰.۰۰	۲.۵۰	۰.۰۰	---	۶	---	---	۲۴
۱۵۲	۰.۱۰	۱	نواب صفوی ۱	۹.۸۰	۰.۰۰	۲.۵۰	۰.۰۰	---	۲	---	---	۲۴
۱۶۵	۰.۳۰	+		۴.۵۰	۴.۵۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۳	---	۱۹۵	۲۸
۱۷۳	۰.۰۳	۱		۱۱.۵۰	۰.۰۰	۲.۵۰	۰.۰۰	---	۶	---	---	۲۲
۴۴۶	۰.۷۸	۱		۱۰.۳۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۲	---	---	۲۶
۴۴۷	۰.۸۳	۱		۱۲.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۲	---	---	۲۶
۵۵۵	۰.۳۴	۱		۱۲.۶۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۱	---	---	۲۵
۵۵۷	۰.۴۶	۱	بلوار امام خمینی ۱	۱۰.۰۰	۰.۰۰	۲.۵۰	۰.۰۰	---	۲	---	---	۲۱
۵۵۸	۰.۲۳	۱		۷.۵۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	---	۳	---	---	۲۱

Datiview: Records 1 - 23 of 1279

Network: None

شکل ۳-۴: بخشی از جدول متناظر با لایه شبکه (محل ذخیره اطلاعات توصیفی)

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
24 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

یکی دیگر از اطلاعات پایه مرتبط با تخصیص وسایل نقلیه شخصی به شبکه حمل و نقل، اطلاعات مربوط به گردش‌های ممنوع یا آزاد در تقاطع‌ها می‌باشد که اطلاعات آن می‌بایست قبل از تخصیص در تعریف شبکه TransCAD اعمال شود. علاوه بر اطلاعات مربوط به ممنوعیت حرکت‌های گردش در تقاطع‌ها، اطلاعات مربوط به تقاطع‌های با چراغ راهنمایی شامل فازبندی و زمانبندی نیز در شبکه سال پایه (سال ۱۳۹۴) گردآوری شده که این اطلاعات نیز در محیط نرم‌افزار وارد شده است. جزئیات مربوط به چگونگی کنترل تقاطع‌های با چراغ راهنمایی شهر بوشهر در سال ۱۳۹۴ در گزارشی از مجموعه گزارش‌های طرح جامع حمل و نقل شهر بوشهر ارائه شده است. نحوه ورود این اطلاعات به محیط نرم‌افزار TransCAD نیز در بخش‌های بعدی گزارش حاضر شرح داده خواهد شد.

ب: اطلاعات سیستم حمل و نقل همگانی

حمل و نقل همگانی، یکی دیگر از قسمت‌های اصلی بخش عرضه سیستم حمل و نقل است. همانطور که پیش‌تر اشاره شد با توجه به ماهیت متفاوت روش‌های تخصیص ترافیک در بخش‌های شخصی و همگانی و عدم وابستگی مسیر وسایل نقلیه همگانی به زمان سفر (قطعیت مسیر در تخصیص همگانی)، فرآیند تخصیص ترافیک، غالباً در دو بخش مجزا صورت می‌گیرد که عبارتند از تخصیص ترافیک شخصی و تخصیص ترافیک همگانی. اما بدلیل استفاده مشترک وسایل نقلیه همگانی و شخصی از شبکه معابر باید اثر این دو بخش بر روی یکدیگر در نظر گرفته شود. از اینرو نتایج تخصیص همگانی بصورت حجم معادل سواری بر روی شبکه شخصی لحاظ می‌شود و سرعت وسایل نقلیه همگانی نیز از نتایج تخصیص ترافیک شخصی تأثیر می‌پذیرد.

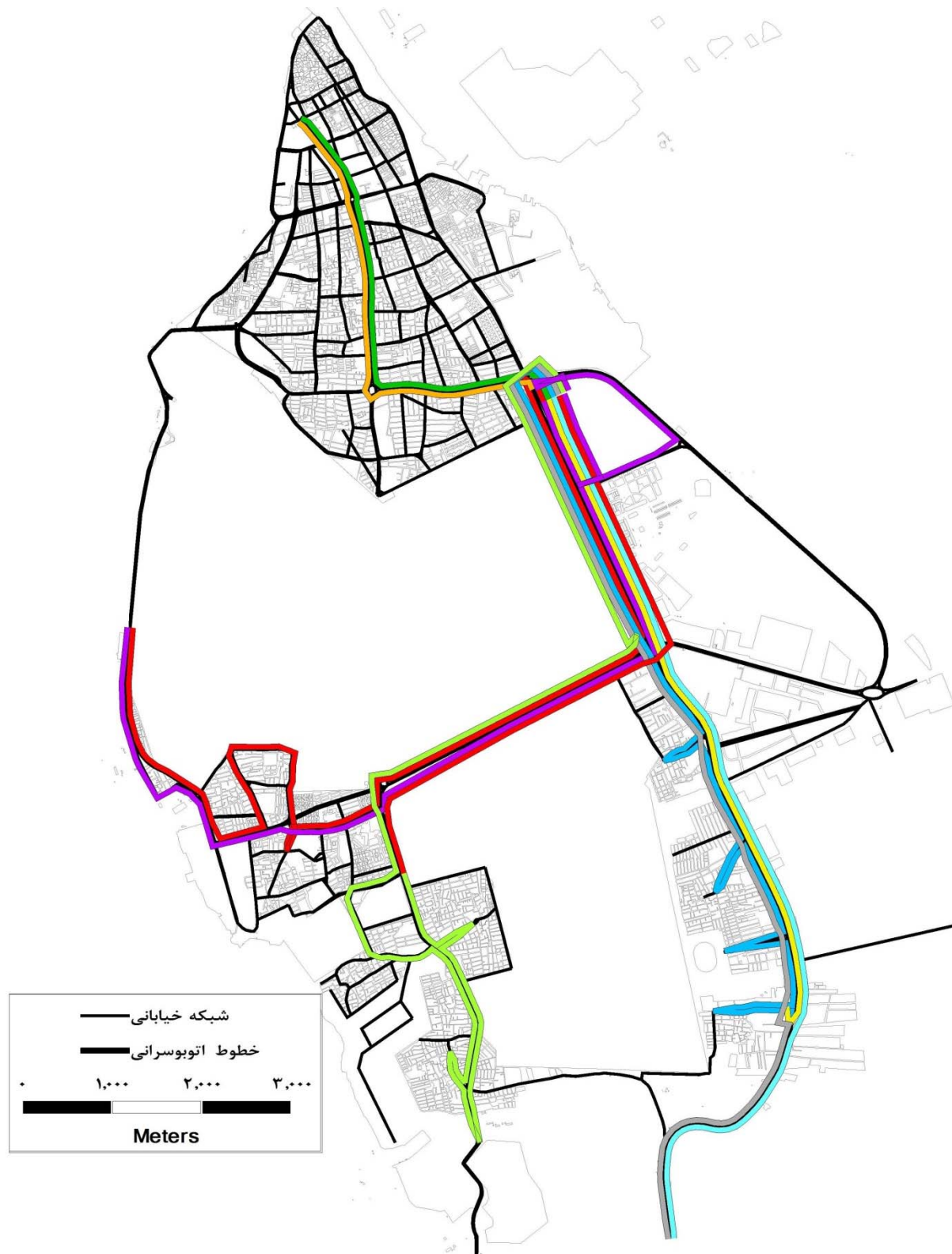
سیستم حمل و نقل همگانی شهر بوشهر متشکل از سیستم اتوبوسرانی و تاکسیرانی است که از شبکه خیابانی شهر بصورت مشترک با سایر وسایل نقلیه استفاده می‌کنند که توضیحات مربوط به جزئیات هر یک از سیستم‌های مذکور شامل تعداد خطوط، تعداد ناوگان فعال، مسیر حرکت، سرفاصله زمانی و سایر مشخصات فیزیکی و عملکردی آنها در گزارش‌های قبلی ارائه شده است.

جهت تعریف سیستم حمل و نقل همگانی در شبکه مدل‌سازی شده در نرم‌افزار TransCAD سه مجموعه از اطلاعات مورد نیاز است که عبارتند از مشخصات وسایل نقلیه، اطلاعات کلی خطوط سیستم و اطلاعات مربوط به مسیر و ایستگاه‌های خطوط سیستم همگانی. عدم امکان تعریف نقاطی مشخص بعنوان ایستگاه‌های سوار و پیاده شدن مسافران خطوط تاکسیرانی در طول مسیر (باتوجه به اینکه مسافران می‌توانند در هر نقطه‌ای از مسیر به دلخواه سوار یا پیاده شوند)، تعریف این خطوط بعنوان یک سیستم حمل و نقل همگانی که مشخصه اصلی آن معلوم بودن مسیر و محل ایستگاه‌ها می‌باشد را با مشکل مواجه می‌کند. مشکلات دیگری نیز مانند عدم امکان تفکیک ماتریس سفرهای انجام شده با تاکسی و مسافرکش سبب شده است که در مطالعات جامع حمل و نقل انجام شده در سایر شهرهای کشور، ماتریس سفرهای انجام شده با تاکسی و مسافرکش همراه با وسایل نقلیه شخصی تخصیص داده شود. از اینرو باتوجه به مشکلات مطروحه در مطالعات حاضر از تعریف خطوط تاکسیرانی در سیستم حمل و نقل همگانی صرف‌نظر شده است.

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
25 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

سیستم اتوبوسرانی شهر بوشهر از ۶ خط فعال تشکیل شده است. شکل ۳-۵ نشان دهنده شبکه اتوبوسرانی شهر بوشهر است. در این شکل ضخامت هر معبر متناسب با تعداد خطوط اتوبوسرانی عبوری از آن است. ترسیم شبکه اتوبوسرانی شهر بوشهر شامل خطوط و ایستگاه‌ها و ورود اطلاعات مربوط به هر یک از آنها، منجر به ایجاد سه لایه جدید در محیط نرم افزار TransCAD گردید. اطلاعات کلی خطوط در لایه Transit Route System، اطلاعات نحوه توالی ایستگاه‌ها در مسیر در لایه Transit Stops و موقعیت نقاط ایستگاهی در لایه Physical Stops Transit ذخیره شده است. اطلاعات توصیفی خطوط نیز در جدول متناظر با لایه Route System ذخیره شده است. این جدول شامل اطلاعاتی نظیر شماره خطوط، نام خطوط، نوع سیستم حمل و نقل همگانی (در حال حاضر فقط اتوبوسرانی با کد یک) تعداد ناوگان فعال، طول خطوط، تعداد ایستگاه‌های موجود در مسیر، کرایه، ظرفیت (نشسته و کل)، سرفاصله زمانی (Headway)، مدت زمان توقف در ابتدا و انتهای مسیر، زمان سفر، سرعت حرکت و سایر اطلاعات مورد نیاز است که کلیه آنها از پایگاه اطلاعاتی سیستم حمل و نقل همگانی شهر بوشهر استخراج شده است.

۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
26 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا



شکل ۳-۵: ساختار شبکه اتوبوسرانی شهر بوشهر (سال ۱۳۹۴)

		شماره قرارداد: ۸۶۴ تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵ صفحه: 27 of 39						کارفرما: شهرداری بوشهر مشاور: مهندسین مشاور مترا	
شماره قرارداد: ۸۶۴		PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر	
تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵		کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:	
صفحه: 27 of 39		T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا	

۳-۶-۶-۵- توابع عملکردی

علاوه بر اطلاعات مربوط به عرضه و تقاضای سیستم حمل و نقل که در بخش‌های قبلی شرح داده شد، بمنظور یافتن جریان تعادلی در یک سیستم، اطلاعات دیگری نیز در خصوص نحوه عملکرد اجزای مختلف سیستم عرضه، تحت تقاضای عبوری از آنها مورد نیاز است. تقاطع‌ها و معابر مهمترین اجزای بخش عرضه یک سیستم حمل و نقل را تشکیل می‌دهند. با توجه به اینکه علاوه بر مشخصات فیزیکی، حجم و ترکیب ترافیک، عوامل دیگری نظیر رفتار رانندگان و شرایط خاص منطقه‌ای نیز بر نحوه عملکرد این اجزاء اثر می‌گذارند، معمولاً در مطالعات جامع هر شهری، مطالعات ویژه‌ای برای ساخت توابع عملکردی انواع معابر و تقاطع‌های شهر صورت می‌پذیرد. در این راستا در مطالعات جامع حمل و نقل شهر بوشهر نیز، مطالعات کاملی جهت ساخت و پرداخت توابع زمان سفر- حجم در معابر و توابع تأخیر در تقاطع‌های چراغدار و بدون چراغ انجام شده است که شرح کامل آن در گزارش‌های پیشین ارائه شده است.

۳-۶-۶-۶- آماده‌سازی فرآیند تخصیص ترافیک در نرم‌افزار TransCAD

در بخش‌های قبلی چگونگی تعریف مشخصات شبکه معابر شهر بوشهر شرح داده شد. با مشخص شدن ساختار فیزیکی شبکه معابر شهر بوشهر، شبکه مذکور می‌تواند با تخصیص تقاضای برآورد شده در دوره‌های زمانی مختلف، برای تحلیل نحوه انجام سفر از یک موقعیت به موقعیت دیگر در شهر مورد استفاده قرار گیرد. اما پیش از انجام فرآیند تخصیص ترافیک باید مشخصات عملکردی معابر و تقاطع‌ها (توابع عملکردی) نیز در شبکه لحاظ شود. مشخصات عملکردی شبکه شامل زمان سفر در معابر و زمان تأخیر در تقاطع‌ها می‌باشد که نحوه ساخت و پرداخت توابع مربوط به آنها به تفصیل در گزارش‌های قبلی بیان شد. در این بخش نحوه ورود این اطلاعات به محیط نرم‌افزار TransCAD شرح داده می‌شود.

در صورت انجام فرآیند تخصیص با استفاده از گزینه Advanced Assignment در نرم‌افزار TransCAD، زمان سفر در طول کمان از رابطه‌ای که کاربر تعریف نموده باشد در نظر گرفته می‌شود. معمولاً برای در نظرگیری زمان تأخیر در تقاطع‌ها، از توابعی که تأخیر ناشی از انجام گردش (موسوم به Turn Penalty یا تأخیر گردش) را به زمان سفر در مسیر اضافه می‌کنند استفاده می‌شود ولی بکارگیری این روش، هنگامی که برای تمام تقاطع‌ها زمان تأخیر در نظر گرفته شود و ماتریس‌های تقاضای سفر مختلف و جداگانه‌ای (از قبیل وسایل نقلیه سواری، و کامیون) در فرآیند تخصیص به شبکه بارگذاری شوند، عملی نیست. از اینرو در فرآیند تخصیص ترافیک شبکه معابر شهر بوشهر، از این روش برای برآورد زمان سفر در معابر و تأخیر در تقاطع‌ها استفاده نشده است.

نرم‌افزار TransCAD این امکان را فراهم می‌سازد که کاربر، تابع تأخیر موردنظر خود را در قالب یک فایل تهیه و استفاده نماید. برای این منظور از نرم‌افزار Microsoft Visual C جهت نوشتن تابع زمان سفر- حجم کمان‌ها و توابع تأخیر در تقاطع‌های شهر بوشهر استفاده شده است. پس از نوشتن توابع عملکردی مورد نظر، فایل تهیه شده compile و فایل DLL مربوط به آن تهیه شده است. فایل DLL تهیه شده جهت استفاده توسط نرم‌افزار

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور: مهندسین مشاور مترا
28 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	

در فرآیند تخصیص، در شاخه اصلی برنامه TransCAD قرار داده شده است. شکل ۳-۶ بخش ابتدایی تابع عملکردی نوشته شده در قالب برنامه‌نویسی به زبان C را نشان می‌دهد.

```
#include "math.h"
#include "string.h"
#include "malloc.h"
#include "vdfdll.h"
#include "windows.h"
#include "Winbase.h"
#include "stdio.h"
#ifndef NULL
#define NULL 0
#endif
typedef enum field_
{
    FreeFlowTime,
    CAPACITY,
    LENGTH,
    ALPHA,
    BETA,
    PRELOAD,
    Green,
    Saturation,
    Unsignalized,
    Cycle,
    Light,
    Constant,
    TYPE,
    CURRENT,
    N_FIELDS
} FIELD;

static short Required[N_FIELDS-2] = {1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1};
static int *_platform_tc_status;
static double BigReal = flt_max;
static double Threshold = 0.;
void DLLEXPORT InitVDFDLL(int *ptc_status)
{
    _platform_tc_status = ptc_status;
}

double DLLEXPORT VDFValue(double *FlowVal, long *link, float **Cost)
{
    double RetCost, ratio, ratio4, lambda, d1, d2, tv;
    *_platform_tc_status = TC_OKAY;
    if (Cost[FreeFlowTime][*link] == flt_miss || Cost[CAPACITY][*link] == flt_miss)
        return ((double)Cost[FreeFlowTime][*link]); // Uncapacitated link
    else
    {
        if (Cost[CAPACITY][*link] > 0.0)
            ratio = *FlowVal / Cost[CAPACITY][*link];
        else
            ratio = BigReal;
        if (ratio >= BigReal)
            ratio4 = ratio;
        else
            ratio4 = pow(ratio, Cost[BETA][*link]);
        lambda = 1.0 + Cost[ALPHA][*link] * ratio4;
        d1 = (pow((Cost[Cycle][*link]-Cost[Green][*link]),2)/(2*Cost[Cycle][*link]*max((1-(*FlowVal)/Cost[Saturation][*link]),0.01))+43*pow(((*FlowVal)/((Cost[Green][*link]/Cost[Cycle][*link])*Cost[Saturation][*link]),4)+5);
        d2 = Cost[Unsignalized][*link] * (2.5+2*pow(((*FlowVal) / Cost[CAPACITY][*link]),2));
        tv = Cost[FreeFlowTime][*link] * lambda;
        RetCost = (Cost[Constant][*link]+Cost[Light][*link]*((1.15*Cost[LENGTH][*link]*tv)+(d1/60))+((1-Cost[Light][*link])*((1.15*Cost[LENGTH][*link]*tv)+(d2/60))));
    }
```

شکل ۳-۶: جزء ابتدایی برنامه محاسبه تابع زمان سفر- حجم در کمان‌ها

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
29 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

همانگونه که در شکل ۳-۶ مشاهده می‌شود، محاسبه زمان سفر در طول یک کمان وابسته به متغیر Length بعنوان طول کمان، Free Flow Time به عنوان زمان سفر آزاد، Light برای تعیین تقاطع‌های با چراغ راهنمایی (این متغیر برای تقاطع‌های با چراغ راهنمایی برابر با ۱ و در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی برابر با صفر است)، CAPACITY به عنوان ظرفیت عملی کمان، Saturation بعنوان ظرفیت اشباع قابل عبور از کمان در گره انتهایی، Green و Cycle بعنوان مدت زمان سبز چراغ در رویکرد موردنظر و طول چرخه در تقاطع‌های با چراغ راهنمایی، Constant بعنوان جزء غیر وابسته زمان سفر به حجم ترافیک در کمان است که توضیحات مربوط به آنها در بخش‌های قبلی ارائه شده است. متغیر Unsignalized نیز، ضریب ثابت زمان تأخیر در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی است که حاصلضرب پارامترهای a (شرایط حق تقدم در گره انتهایی کمان با توجه به درجه عملکردی معبر) و m (تعداد حرکت‌های مجاز در تقاطع) می‌باشد که شرح کامل نحوه محاسبه هر یک از آنها در بخش "تابع زمان تأخیر در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی" ارائه شده است.

متغیرهای ALPHA و BETA ضرایب ثابت کالیبره نمودن توابع زمان سفر- حجم هستند که مقادیر آنها ثابت و به ترتیب برابر با ۴ و ۰/۱۵ در نظر گرفته شده است. متغیر Preload نیز، جزء اضافه شونده به حجم ترافیک کمان موردنظر را نشان می‌دهد و نماینده حجم ترافیک پیش زمینه در شبکه است. به عنوان مثال، اثر "معادل سواری" وسایل نقلیه حمل و نقل همگانی را در تخصیص ترافیک حمل و نقل شخصی منعکس می‌نماید و در معادله محاسبه زمان سفر، به حجم ترافیک در شبکه معابر افزوده می‌گردد. ساختار تابع زمان سفر در مورد شهر بوشهر همانطور که در شکل ۳-۶ نشان داده شده است، بصورت زیر می‌باشد:

$$d = d_0 + t_l + d_1 \times \frac{L}{60} + (1 - L)d_2 / 60 \quad (13)$$

که در آن:

d_0 : جزیی از زمان سفر در کمان است که مستقل از حجم ترافیک می‌باشد و برابر با مقدار ثابت تأخیر می‌باشد.
 t_l : جزیی از زمان سفر در کمان است که به زمان حرکت در کمان تا قبل از رسیدن به تقاطع انتهایی آن مربوط می‌شود.

d_1 : جزیی از زمان سفر در کمان است که به تأخیر در تقاطع‌های چراغدار مربوط می‌شود.
 L : متغیر صفر و یک نشان‌دهنده کنترل با چراغ راهنمایی (یک) یا بدون چراغ راهنمایی (صفر) در تقاطع انتهایی کمان است.

d_2 : جزیی از زمان سفر در کمان است که به تأخیر در تقاطع‌های بدون چراغ مربوط می‌شود.
 در رابطه (۱۳) مقدار t_l برابر است با:

$$t_l = \text{Length} \times t_v$$

$$t_v = \text{Free Flow Time} \times (1 + \beta (V/\text{Cap})^a)$$

که در آن V حجم تردد در کمان، شامل حجم ترافیک و حجم Preload (معادل سواری وسایل نقلیه همگانی) و

ویرایش ۰۰ کد مدرک: EN- F- 06

 شرکت مهندسین مشاور مترا		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						 شهرداری بندر بوشهر
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور: مهندسین مشاور مترا
30 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	

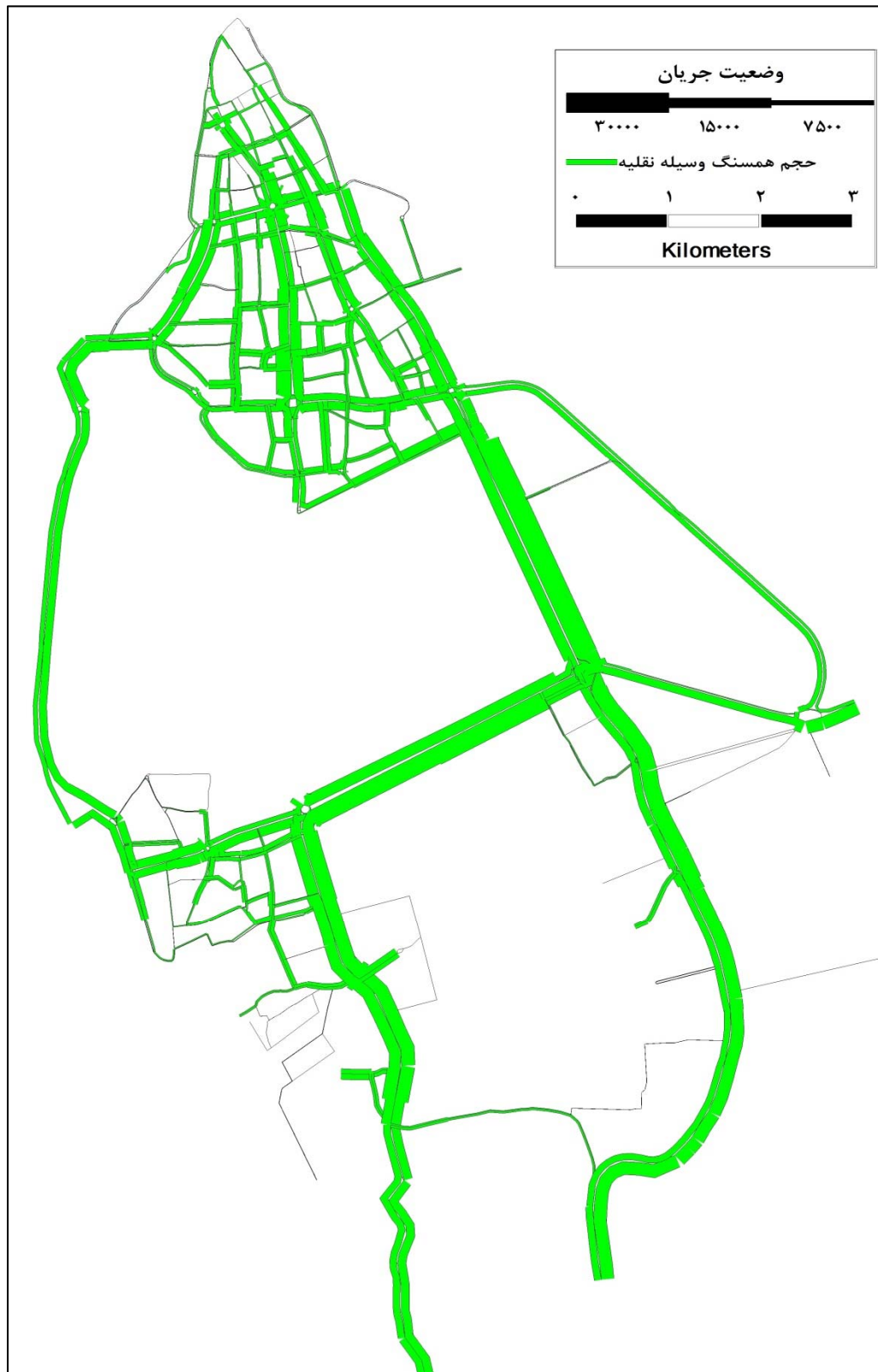
Cap ظرفیت تردد در کمان است. محاسبه مقادیر مربوط به پارامترهای d_1 و d_2 نیز که مربوط به زمان تأخیر در تقاطع‌های چراغدار و بدون چراغ شبکه می‌شوند بر اساس توابع تأخیر پرداخت شده صورت می‌گیرد. باتوجه به توضیحات ارائه شده، مشخص می‌شود جهت اجرای مدل تخصیص ترافیک توسط TransCAD لازم است مقدار متغیرهایی که در معادله زمان سفر کمان‌ها و توابع زمان تأخیر در تقاطع‌ها وارد شده‌اند قبلاً بشکل اطلاعات توصیفی مربوط به کمان‌ها و گره‌ها، به شبکه الحاق شوند. از اینرو هر یک از متغیرها و پارامترهای بکار رفته در توابع مذکور، با استفاده از امکانات نرم‌افزار TransCAD بصورت یک تابع تعریف شده که باتوجه به تغییرات شبکه در اجراهای مختلف، قابل بروزروری می‌باشند.

۳-۶-۶-۷- نتایج مدل تخصیص ترافیک برای سال ۱۳۹۴

مدل تخصیص ترافیک پرداخت شده براساس مفروضات و توابع ارائه شده در بخش‌های قبلی گزارش حاضر، قادر است عملکرد سیستم‌های حمل و نقل را تحت تقاضای مربوط به هر دوره زمانی از یک روز، در شهر بوشهر برآورد کند. عملکرد سیستم‌های حمل و نقل، براساس شاخص‌های مختلفی ارزیابی می‌شود. زمان سفر، متوسط سرعت، نسبت حجم به ظرفیت، نسبت زمان سفر به زمان سفر آزاد در معابر شبکه، زمان تأخیر در مسیر و تقاطع‌ها، میزان مصرف سوخت و میزان نشر آلاینده‌های زیست محیطی شاخص‌هایی هستند که غالباً جهت ارزیابی عملکرد سیستم‌های حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این گزارش شاخص‌هایی که اهمیت بیشتری نسبت به سایرین دارند جهت ارزیابی عملکرد سیستم حمل و نقل شهر بوشهر مورد استفاده قرار گرفته است که نتایج مربوط به آن در ادامه ارائه خواهد شد.

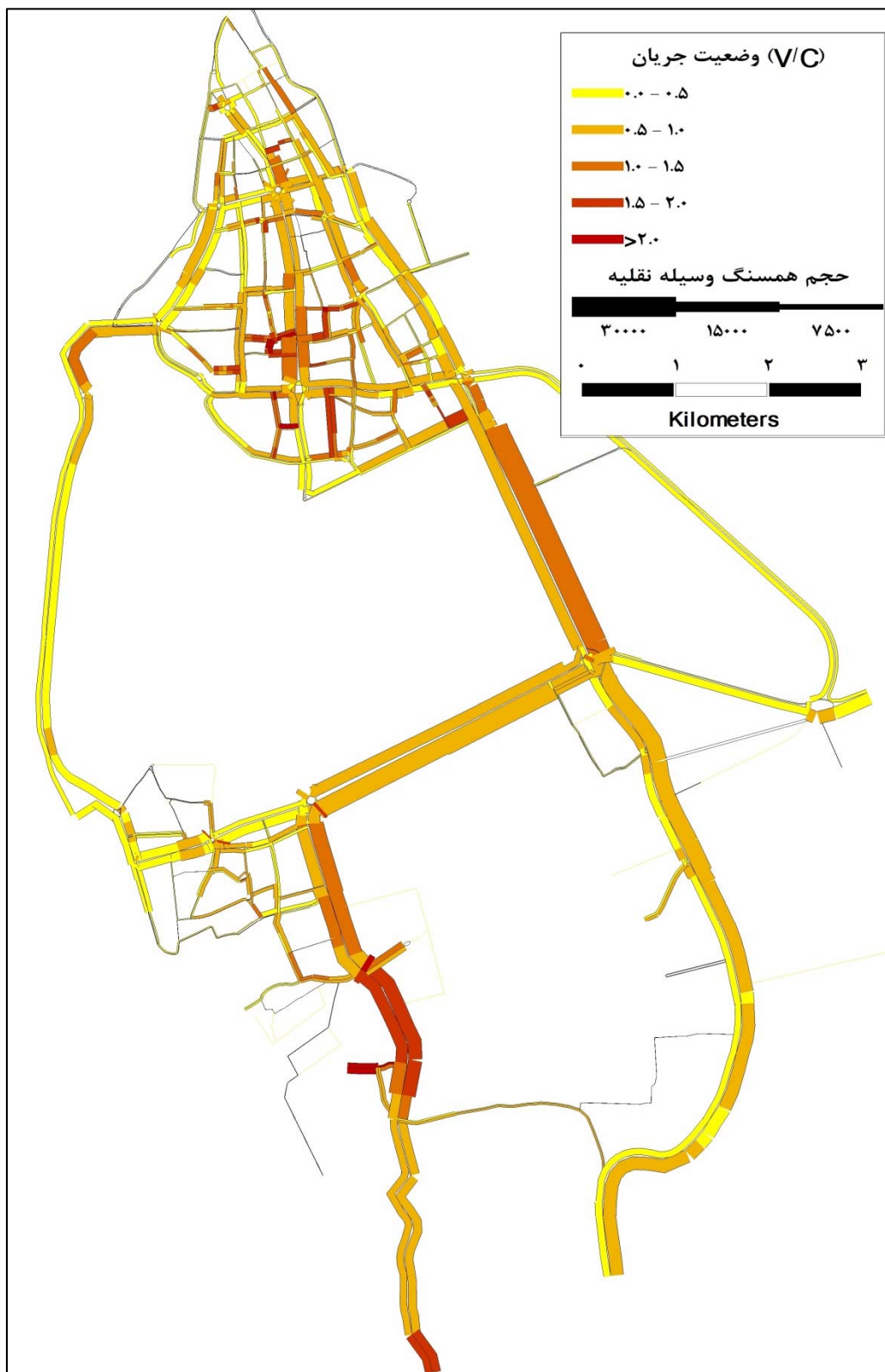
در این بخش از مطالعات، تخصیص ترافیک شخصی روزانه براساس روش تعادل تصادفی استفاده کننده در نرم‌افزار TransCAD صورت پذیرفته است. در این راستا ماتریس سفرهای شهر بوشهر پس از اعمال ضرایب همسنگ سواری و ضرایب سرنشین به وسیله نقلیه همسنگ سواری تبدیل شده است و شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای این ماتریس بارگذاری شده است. شکل ۳-۷ نشان‌دهنده خروجی نتایج بارگذاری تقاضا است. در این شکل حجم جریان همسنگ سواری روزانه بر روی شبکه معابر شهر بوشهر در سال پایه (سال ۱۳۹۴) ارائه شده است. ضخامت هر خط رابطه مستقیمی با حجم جریان عبوری از آن کمان دارد بطوریکه هر چه ضخامت بیشتر شود حجم جریان همسنگ سواری عبوری از آن کمان نیز بیشتر می‌شود. شکل ۳-۸ نیز نسبت حجم به ظرفیت را در شبکه معابر شهر بوشهر در سال پایه (سال ۱۳۹۴) نشان می‌دهد.

 شرکت مهندسین مشاور مترا		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						 شهرداری بندر بوشهر
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
31 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا



شکل ۳-۷: حجم ترافیک عبوری در شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای روزانه ماتریس مبدأ-مقصد

۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
32 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا



شکل ۳-۸: نسبت حجم ترافیک عبوری به ظرفیت در شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای روزانه ماتریس مبدأ-مقصد

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور: مهندسین مشاور مترا
33 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	

۳-۶-۶-۸- اعتبارسنجی تخصیص ترافیک روزانه و حجم شمارش شده

در این بخش از مطالعات، مشخص می‌شود که ماتریس تقاضای بدست آمده از پایگاه داده مبدأ- مقصد تعمیم یافته سفرهای خانوار معتبر است یا خیر. بدین منظور از تطابق آمار حجم تردد مشاهده و برآورد شده در خطوط برش و کمان منفرد استفاده می‌شود.

جهت اعتبارسنجی تخصیص ترافیک، مجموع تردد مشاهده شده وسایل نقلیه همسنگ سواری در کمان‌های خط برش و ایستگاه‌های کمان منفرد در روز آمارگیری با نتایج تخصیص ماتریس مبدأ- مقصد اصلاح شده مقایسه شده است. چنانچه درصد تغییرات کل ماتریس و همچنین اختلاف حجم تردد تخصیص و مشاهده بر مبنای شاخص‌های تعریف شده در استانداردها، کمتر از حد مجاز باشد، ماتریس تقاضای سال پایه (ماتریس حاصل از آمارگیری مبدأ- مقصد) و مدل تخصیص ترافیک معتبر تلقی می‌شود.

در روش اصلاح ماتریس، ماتریس اولیه حاصل از آمارگیری مبدأ- مقصد ساکنین شهر بوشهر و مقدار تردد مشاهده شده در کمان‌های خط برش و ایستگاه‌های کمان منفرد در نرم‌افزار وارد شده است. با این روش میزان درایه‌های ماتریس تقاضا در سال پایه به گونه‌ای تغییر می‌یابد که حجم مشاهده و برآورد شده در کمان‌های برداشت شده در خط برش و کمان منفرد به یکدیگر نزدیک شوند. لازم به ذکر است که اصلاح ماتریس فقط یکبار انجام می‌شود چراکه تکرار این روش باعث می‌شود الگوی سفرهای حاصل از آمارگیری مبدأ- مقصد به طور کلی تغییر کند. مجموع درایه‌های ماتریس سفرهای شهر بوشهر (پیش از اعمال ضریب تصحیح) برای کل روز ۳۴۵۴۷۲ خودروی همسنگ سواری می‌باشد. این مقدار پس از تصحیح ۳۶۷۴۲۴ خودروی همسنگ سواری شده است که ۶/۳ درصد افزایش پیدا کرده است.

در جدول ۳-۲ جزئیات نتایج تخصیص قبل و بعد از تصحیح ماتریس تقاضا در تمامی ایستگاه‌های خط برش و کمان منفرد ارائه شده است. شکل ۳-۹ و شکل ۳-۱۰ نیز نتایج مقایسه ماتریس تقاضای قبل و بعد از اصلاح ماتریس با مقادیر حجم مشاهده در کمان‌های منفرد و خط برش را نشان می‌دهد. در این شکل‌ها شاخص برازندگی R^2 این امکان را می‌دهد که مشخص شود چقدر می‌توان به پیش‌بینی مدل اطمینان کرد. مقدار این شاخص بین صفر و یک است که هر چه این مقدار به یک نزدیکتر شود مطابقت بین دو متغیر بیشتر است. به

منظور اعتبارسنجی دقیق‌تر برآورد و مشاهده از شاخص $GEH = \sqrt{\frac{2 \times (\text{مشاهده} - \text{مدل})^2}{0.5 \times (\text{مدل} + \text{مشاهده})}}$ نیز استفاده شده است.

مقادیر قابل قبول برای این شاخص، مقادیر کمتر از ۵ است. از آنجا که این شاخص برای یک ساعت به کار می‌رود کلیه حجم‌ها با استفاده از ضریب ساعت اوج^{۲۷} که در این مطالعه ۰,۱۱۱ بدست آمده است اصلاح و شاخص مورد نظر به کمک آن محاسبه شده که نتایج آن در جدول ۳-۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مقادیر بدست آمده براساس این شاخص در بازه قابل قبولی قرار دارند که نشان می‌دهد مدل

^{۲۷} ضریب ساعت اوج عبارت است از تعداد سفرهای انجام شده در ساعت اوج تقسیم بر تعداد کل سفرهای روزانه

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
34 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

استفاده شده قابل قبول است.

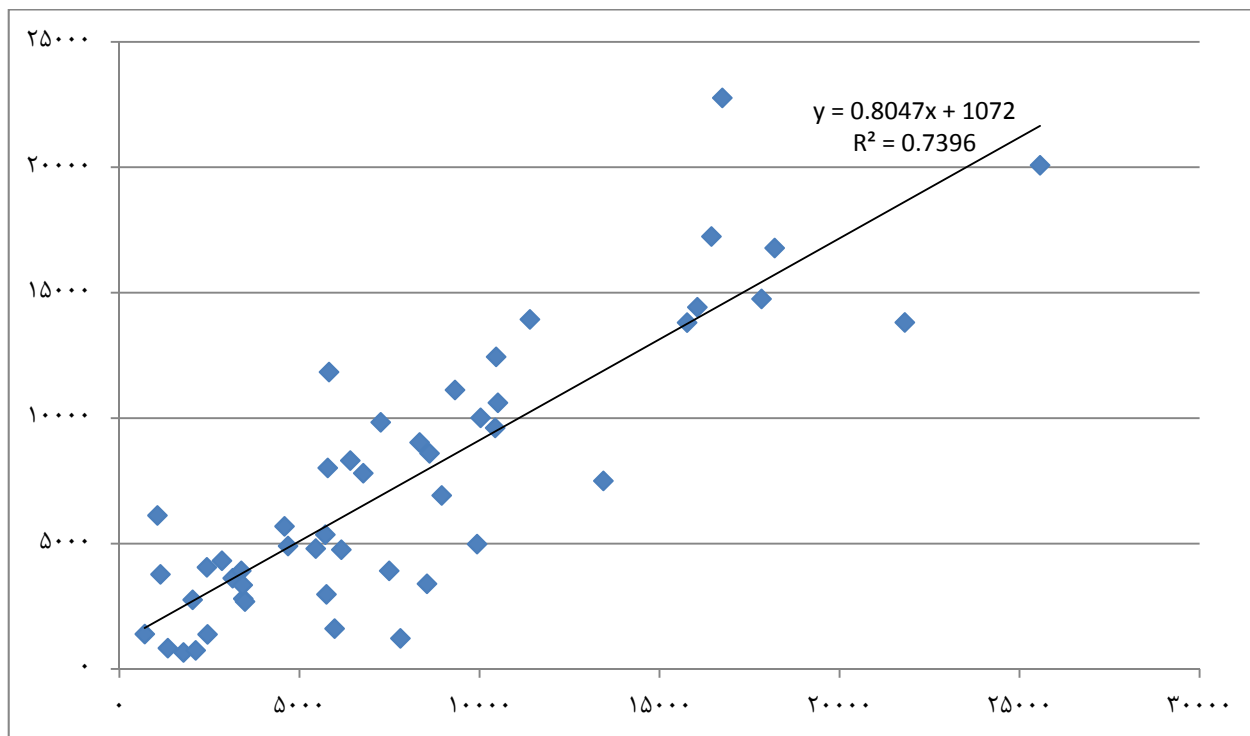
جدول ۲-۳: مقایسه شمارش حجم و نتایج تخصیص همسنگ سواری قبل و پس از تصحیح ماتریس تقاضا

نام ایستگاه	حجم شمارش شده	حجم قبل از تصحیح	حجم بعد از تصحیح
بلوار خلیج فارس (شرق به غرب)	۳۱۴۳	۳۶۲۴	۴۴۷۴
خیابان نسیم (شرق به غرب)	۵۹۷۵	۱۶۱۲	۱۵۲۵
خیابان لیان (شرق به غرب)	۸۵۴۱	۳۴۰۱	۳۴۵۵
خیابان شهدا (شرق به غرب)	۸۶۱۱	۸۶۰۲	۹۲۱۱
خیابان ولیعصر (شرق به غرب)	۵۴۴۹	۴۸۰۶	۶۳۴۷
خیابان ولیعصر (غرب به شرق)	۵۷۱۶	۵۳۵۶	۴۵۰۹
خیابان معلم (شرق به غرب)	۹۳۲۱	۱۱۱۲۳	۱۳۳۶۹
خیابان حیدری (غرب به شرق)	۷۰۲	۱۳۹۵	۱۳۵۱
خیابان شهید شهریار (شرق به غرب)	۱۳۴۴	۸۳۴	۶۹۹
خیابان رئیسعلی دلواری (غرب به شرق)	۱۰۵۲	۶۱۲۱	۶۰۱۷
خیابان جمهوری اسلامی (غرب به شرق)	۱۷۷۸	۶۶۴	۲۶۷
خیابان فردوسی (شرق به غرب)	۲۴۲۶	۴۰۵۹	۴۶۱۷
خیابان توحید (غرب به شرق)	۴۶۸۲	۴۹۰۶	۵۳۶۱
خیابان یادگار امام (شرق به غرب)	۴۵۸۴	۵۶۹۰	۵۱۰۷
خیابان گلخانه (غرب به شرق)	۲۸۴۷	۴۳۱۸	۴۱۲۳
خیابان بعثت (غرب به شرق)	۲۴۴۷	۱۳۸۶	۱۱۶۳
خیابان شهید مطهری (غرب به شرق)	۱۵۷۶۵	۱۳۸۱۳	۱۶۳۰۶
خیابان شهید بهشتی (شرق به غرب)	۱۳۴۴۳	۷۵۰۱	۷۲۱۷
خیابان سربازان گمنام امام زمان (غرب به شرق)	۵۷۴۹	۲۹۷۹	۴۵۶۵
خیابان آزادگان (غرب به شرق)	۷۸۰۳	۱۲۲۷	۱۹۹۸
مجموع کمان‌های خط برش شمالی - جنوبی	۱۱۱۳۷۸	۹۳۴۱۷	۱۰۱۶۸۱
بلوار آیتا... طالقانی (شمال به جنوب)	۱۶۰۵۲	۱۴۴۲۴	۱۷۳۱۳
بلوار آیتا... طالقانی (جنوب به شمال)	۲۱۸۱۱	۱۳۸۱۹	۱۷۵۹۵
خیابان فرهنگ (جنوب به شمال)	۲۰۳۴	۲۷۶۲	۳۹۶۰
خیابان ابوشهر (شمال به جنوب)	۱۱۳۸	۳۷۷۶	۳۹۵۱
بلوار بهشت (جنوب به شمال)	۷۲۵۷	۹۸۳۴	۱۱۷۵۴
خیابان شهید رجایی (شمال به جنوب)	۳۴۳۵	۲۸۰۸	۳۲۳۵
خیابان کارگر (جنوب به شمال)	۳۴۸۸	۲۶۹۲	۲۲۴۱
خیابان بیت‌المقدس (شمال به جنوب)	۳۳۸۳	۳۹۱۹	۱۳۷۹
خیابان بیت‌المقدس (جنوب به شمال)	۳۴۲۳	۳۳۵۲	۲۳۲۶

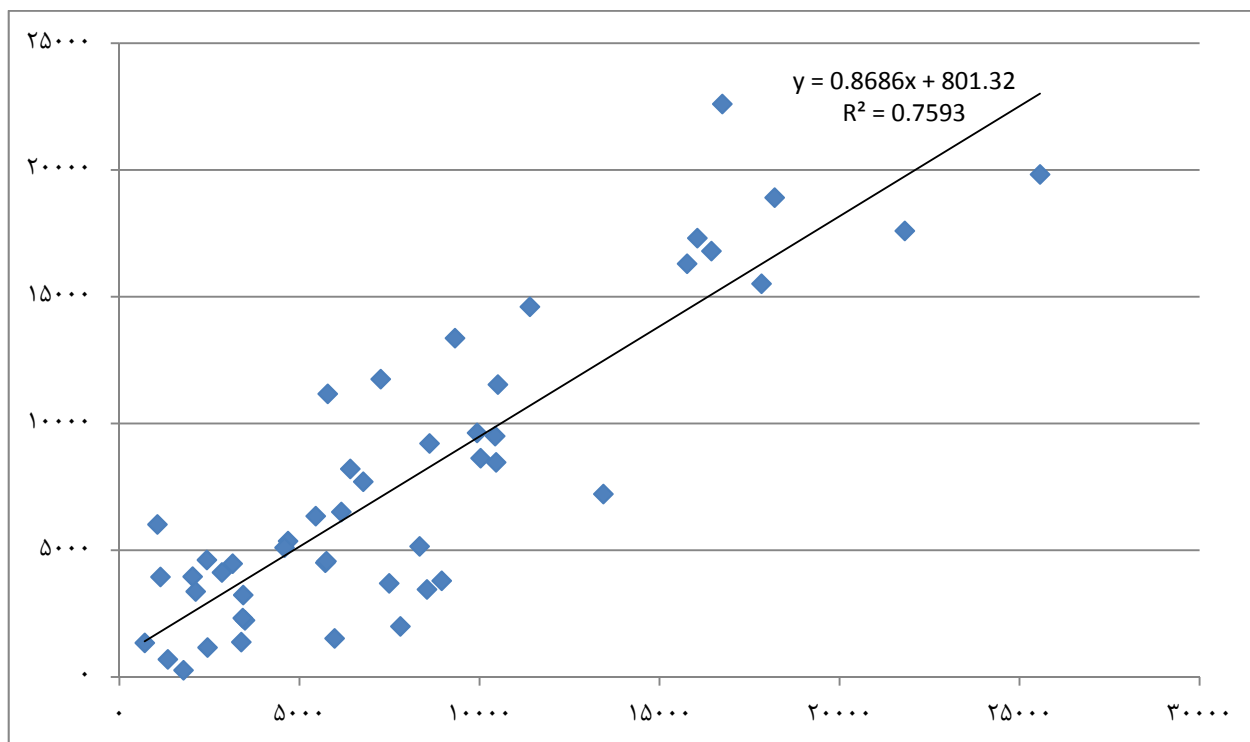
		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
35 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

نام ایستگاه	حجم شمارش شده	حجم قبل از تصحیح	حجم بعد از تصحیح
بلوار امام خمینی (جنوب به شمال)	۱۷۸۳۵	۱۴۷۵۴	۱۵۵۱۶
خیابان جانبازان (شمال به جنوب)	۱۰۴۶۱	۱۲۴۴۸	۸۴۷۱
خیابان عاشوری (جنوب به شمال)	۸۳۳۷	۹۰۳۲	۵۱۵۷
خیابان شهید چمران (جنوب به شمال)	۵۸۱۹	۱۱۸۳۹	۲۵۳۷۹
خیابان خلیج فارس (جنوب به شمال)	۲۱۱۸	۷۴۸	۳۳۷۲
بلوار ساحلی (شمال به جنوب)	۶۴۱۱	۸۳۱۱	۸۲۱۳
مجموع کمان های خط برش شرقی - غربی	۱۱۳۰۰۲	۱۱۴۵۱۸	۱۲۹۸۶۲
بلوار آیتا... طالقانی نرسیده به سه راه رجایی (جنوب به شمال)	۲۵۵۶۸	۲۰۰۸۱	۱۹۸۲۸
بلوار آیتا... طالقانی نرسیده به میدان آزادی (شمال به جنوب)	۱۸۲۰۰	۱۶۷۸۴	۱۸۹۱۲
خیابان فضیلت نرسیده به خیابان رئیسعلی دلواری (جنوب به شمال)	۱۱۳۹۹	۱۳۹۴۲	۱۴۶۰۶
خیابان حافظ نرسیده به خیابان شهدا (جنوب به شمال)	۵۷۸۳	۸۰۲۱	۱۱۱۷۲
خیابان نواب صفوی نرسیده به خیابان ولیعصر (شمال به جنوب)	۷۴۹۲	۳۹۱۸	۳۶۹۷
دانشگاه آزاد نرسیده به خیابان ولیعصر (جنوب به شمال)	۶۱۶۱	۴۷۵۹	۶۵۱۱
خیابان رئیسعلی دلواری نرسیده به میدان (شرق به غرب)	۱۰۰۲۹	۱۰۰۱۴	۸۶۳۴
خیابان امام خمینی نرسیده به خیابان یادگار (شمال به جنوب)	۱۶۴۴۴	۱۷۲۴۱	۱۶۸۰۲
خیابان امام خمینی نرسیده به میدان امام	۱۶۷۴۵	۲۲۷۶۹	۲۲۶۰۶
خیابان فرودگاه نرسیده به میدان امام (غرب به شرق)	۱۰۴۳۵	۹۶۱۱	۹۵۰۴
جاده ساحلی نرسیده به تقاطع دواس (شمال به جنوب)	۱۰۵۱۰	۱۰۶۱۴	۱۱۵۳۷
خیابان ماهینی نرسیده به میدان بهمنی (شرق به غرب)	۸۹۴۹	۶۹۲۴	۳۷۹۶
بلوار برازجان نرسیده به میدان آزادی (شرق به غرب)	۹۹۳۱	۴۹۸۰	۹۶۳۳
کنارگذر امام علی (غرب به شرق)	۶۷۷۲	۷۸۱۱	۷۷۰۷
مجموع کمان های منفرد	۱۶۴۴۱۸	۱۵۷۴۶۹	۱۶۴۹۴۵

 شرکت مهندسین مشاور مترا		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبار سنجی مدل های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						 شهرداری بند بوشهر
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
36 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا



شکل ۳-۹: مقایسه شمارش حجم و نتایج تخصیص همسنگ سواری قبل از تصحیح ماتریس تقاضای کل روز



شکل ۳-۱۰: مقایسه شمارش حجم و نتایج تخصیص همسنگ سواری پس از تصحیح ماتریس تقاضای کل روز

		طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بوشهر ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک (بند ۳-۶-۶ شرح خدمات)						
۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
37 of 39	صفحه:	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا

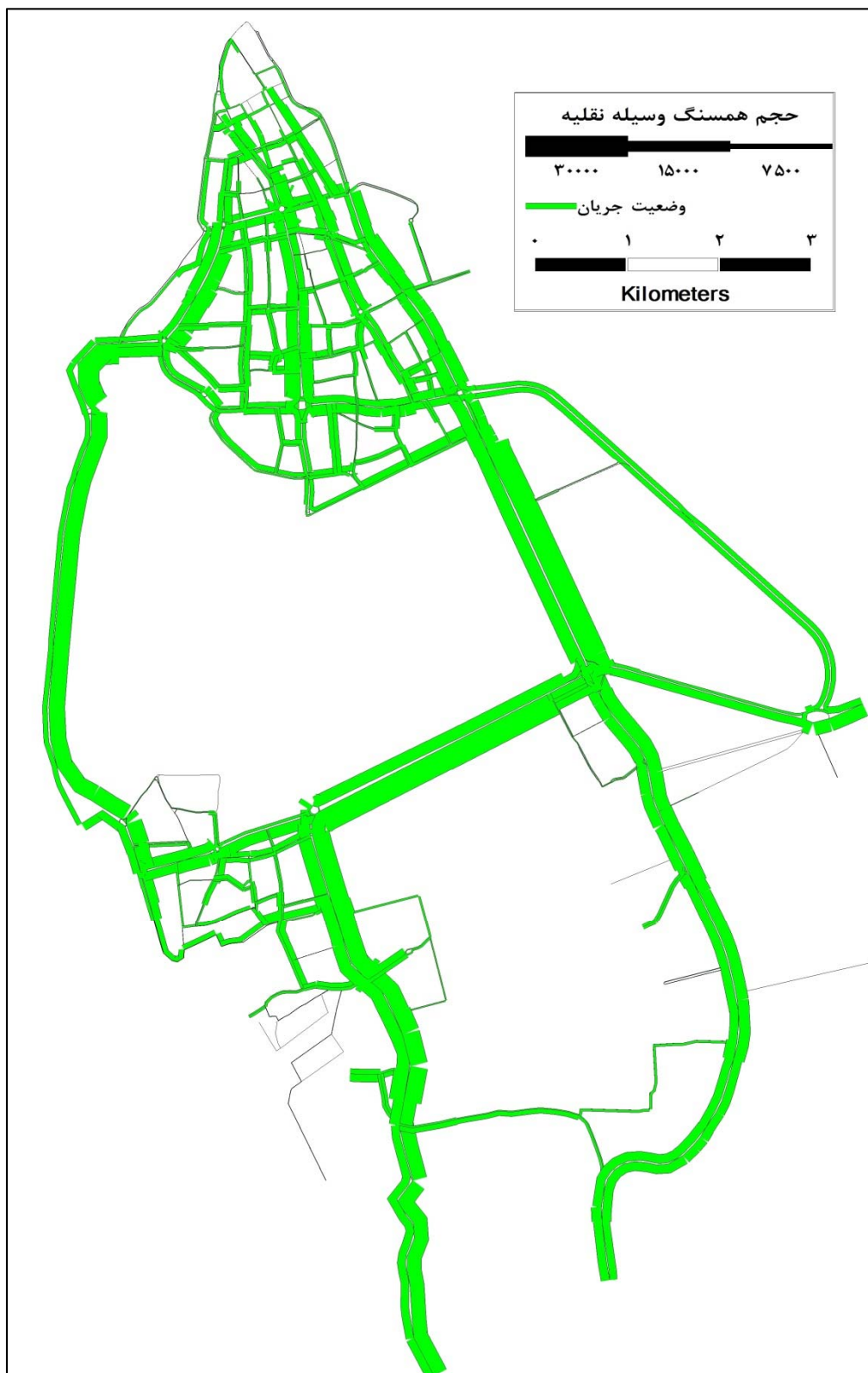
جدول ۳-۳: تبدیل حجم‌های روزانه به ساعت اوج برای محاسبه شاخص GEH

نام ایستگاه	حجم شمارش شده	حجم قبل از تخصیص	حجم بعد از تصحیح	درصد اختلاف حجم شمارش شده و حجم بعد از تصحیح	GEH شاخص
مجموع کمان‌های خط برش شمالی- جنوبی	۱۲۳۶۳	۱۰۳۶۹	۱۱۲۸۷	٪۸/۷	۷/۵
مجموع کمان‌های خط برش شرقی- غربی	۱۲۵۴۳	۱۲۷۱۱	۱۴۴۱۵	٪۱۴/۹	۱۲/۳
مجموع کمان‌های منفرد	۱۸۲۵۰	۱۷۴۷۹	۱۸۳۰۹	٪۰/۳	۰/۳
مجموع کمان‌های برداشت شده	۴۳۱۵۷	۴۰۵۶۰	۴۴۰۱۰	٪۱/۹۸	۲/۱

۳-۶-۶-۹- ارائه نتایج مدل تخصیص پس از اصلاح ماتریس تقاضا

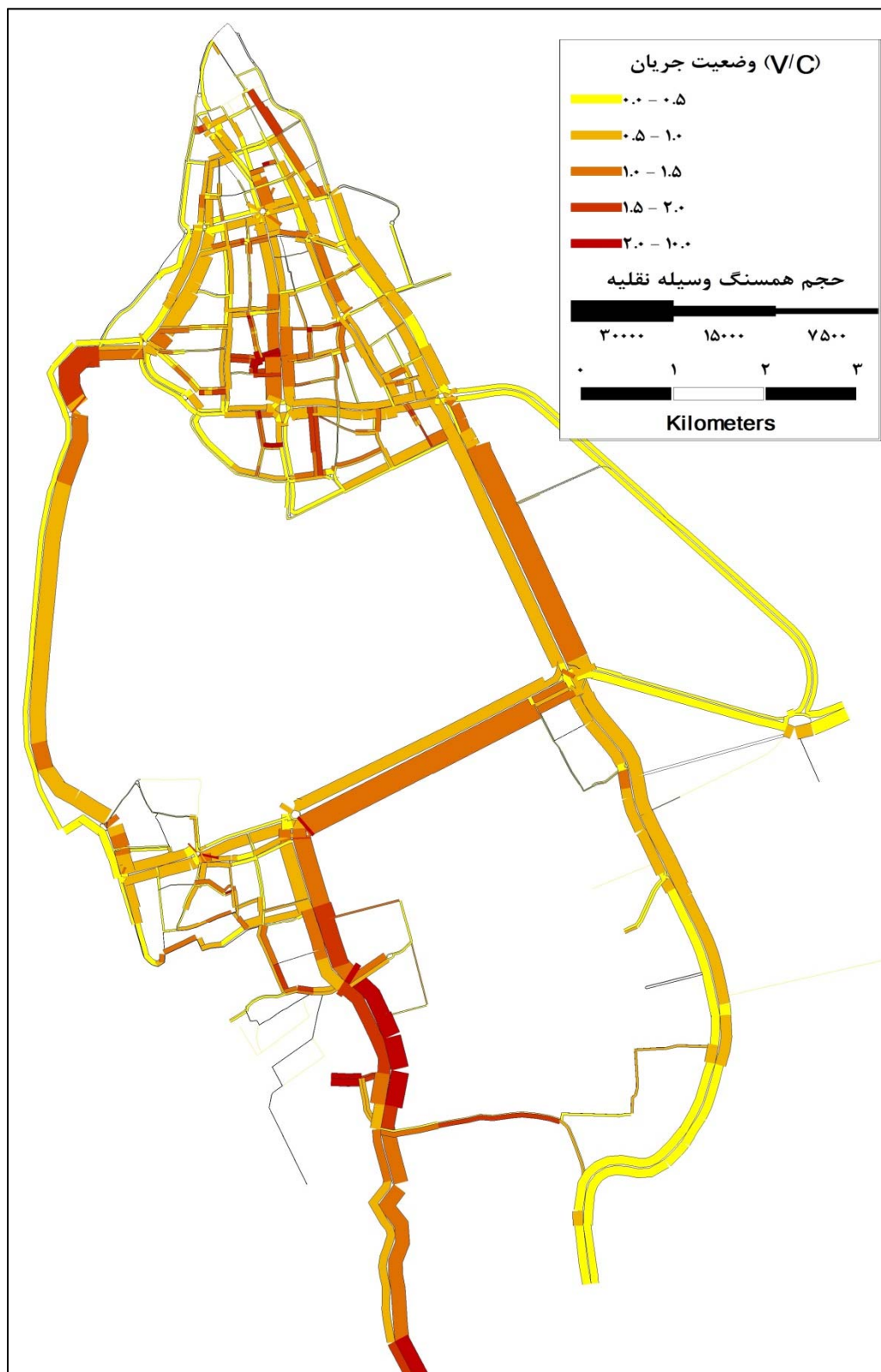
در این بخش از گزارش نتایج گرافیکی حاصل از تخصیص حجم همسنگ سواری تحت تقاضای ماتریس اصلاح شده مبدأ-مقصد روزانه ارائه شده است. در شکل ۳-۱۱ حجم جریان ترافیک در شبکه معابر شهر بوشهر در سال پایه نشان داده شده است. همچنین در شکل ۳-۱۲، نسبت حجم به ظرفیت در معابر شهر بوشهر تحت تقاضای اصلاح شده روزانه سال پایه ارائه شده است.

۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
38 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا



شکل ۳-۱۱: حجم جریان ترافیک در شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای اصلاح شده روزانه سال پایه

۸۶۴	شماره قرارداد:	PROJECT	PHASE	DISCIPLINE	DOCUMENT	SEQUENCE	REVISION	کارفرما: شهرداری بوشهر
۱۴۰۰/۰۳/۰۵	تاریخ آخرین بازنگری:	کد پروژه-نوع پروژه	فاز	واحد تخصصی	نوع مدرک	شماره مدرک	ویرایش	مشاور:
39 of 39	صفحه :	T-BOHR	P1	TR	REP	3015	0A	مهندسین مشاور مترا



شکل ۳-۱۲: نسبت حجم به ظرفیت در شبکه معابر شهر بوشهر تحت تقاضای اصلاح شده روزانه سال پایه