شهرداری اردبیل

مشـــاوران اندیشـکار



مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اردبیل

مدلسازی

تاریخ: خرداد ۱۴۰۵

شناسه گزارش: AD-1402-T-03-00

شهرداری اردبیل

مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اردبیل

فصل سوم : مدل‌سازی

مشـــاوران اندیشـــکار


بسم الله الرحمن الرحيم

شناسنامه گزارش		
عنوان پروژه	مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اردبیل	
عنوان گزارش	مدلسازی	
شماره قرارداد	۱۰۱/۱۶۶۱۲	
تاریخ قرارداد	۱۴۰۲/۰۳/۱۶	
شناسه گزارش	AD-1402-T-03-00	
کارکنان کلیدی و عوامل مشاور	مدیر پروژه	مهدی باوقار زعیمی
	مدیر فنی پروژه	مرتضی ترمه‌بافت
	کارشناس پروژه	نیما نظافت
ارسال گزارش	تعداد نسخه	یک نسخه
	تاریخ ارسال	۱۴۰۵/۰۲/۲۶
	شماره نامه ارسال	-

فهرست مطالب

فصل ۳: مدل‌سازی ۱

۳-۱- ساخت مدل‌های برآورد متغیرهای مورد نیاز ۱
۳-۱-۱- دریافت اطلاعات کاربری زمین ۱
۳-۱-۲- پیش‌بینی جمعیت ۲۳
۳-۱-۲-۱- روش‌های موجود برای پیش‌بینی جمعیت شهرها ۲۳
۳-۱-۲-۲- روش برآورد جمعیت در سال‌های افق (روش هرم سنی) ۳۵
۳-۱-۲-۳- مروری بر روند تحول جمعیتی در شهر اردبیل طی ادوار گذشته ۳۷
۳-۱-۲-۴- بررسی هرم سنی سال‌های پیشین (۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵) ۳۹
۳-۱-۲-۴-۱- تحلیل هرم سنی سال ۱۳۸۵ ۳۹
۳-۱-۲-۴-۲- تحلیل هرم سنی سال ۱۳۹۰ ۴۰
۳-۱-۲-۴-۳- تحلیل هرم سنی سال ۱۳۹۵ ۴۲
۳-۱-۲-۵- نرخ مرگ‌ومیر سال‌های پیشین (۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵) ۴۴
۳-۱-۲-۶- نرخ زاد و ولد سال‌های پیشین (۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵) ۴۴
۳-۱-۲-۷- هرم سنی مهاجران (۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵) ۴۶
۳-۱-۲-۸- برآورد جمعیت سال ۱۴۰۲ ۴۸
۳-۱-۲-۸-۱- تحلیل هرم سنی جمعیت سال ۱۴۰۲ ۵۰
۳-۱-۲-۹- برآورد جمعیت برای سال ۱۴۰۷ ۵۱
۳-۱-۲-۹-۲- تحلیل هرم سنی جمعیت سال ۱۴۰۷ ۵۴
۳-۱-۲-۱۰- برآورد جمعیت برای سال ۱۴۱۲ ۵۵
۳-۱-۲-۱۰-۲- تحلیل هرم سنی جمعیت سال ۱۴۱۲ ۵۸
۳-۱-۲-۱۱- برآورد جمعیت برای سال ۱۴۱۷ ۵۹
۳-۱-۲-۱۱-۲- تحلیل هرم سنی جمعیت سال ۱۴۱۷ ۶۱
۳-۱-۲-۱۲- توزیع جمعیت در نواحی ترافیکی ۶۲
۳-۱-۳- پیش‌بینی اشتغال ۷۱
۳-۱-۳-۱- مقدمه و کلیات ۷۱
۳-۱-۳-۲- برآورد اشتغال در محل سکونت ۷۳

فهرست مطالب

۳-۳-۱-۳- روش‌های پیشنهادی در ادبیات تخصصی ۷۳
۴-۳-۱-۳- روش‌شناسی پیشنهادی برای برآورد اشتغال ۷۷
۵-۳-۱-۳- برآورد اشتغال در محل شغل ۸۱
۴-۱-۳- برآورد سرانه مالکیت خودرو ۸۹
۵-۱-۳- پیش‌بینی بعد خانوار ۱۰۷
۶-۱-۳- پیش‌بینی سایر متغیرها ۱۱۵
۱-۶-۱-۳- برآورد تعداد دانش‌آموزان ۱۱۵
۲-۶-۱-۳- برآورد تعداد دانشجویان ۱۲۴
۲-۳- ساخت مدل‌های برآورد تقاضا **۱۳۳**
۱-۲-۳- دسته‌بندی اهداف سفر اصلی برای ساخت مدل‌های برآورد تقاضا ۱۳۳
۲-۲-۳- تولید و جذب سفر ۱۳۸
۱-۲-۳- مدل‌های رگرسیون خطی حداقل مربعات معمولی ۱۴۰
۲-۲-۳- مدل تولید سفر شغلی ۱۵۲
۳-۲-۳- تولید سفر تحصیلی ۱۵۲
۴-۲-۳- مدل تولید سفر خرید ۱۵۳
۵-۲-۳- تولید سفر تفریحی ۱۵۴
۶-۲-۳- مدل تولید سفر سایر ۱۵۵
۷-۲-۳- مدل تولید سفر غیر خانه مبنا ۱۵۶
۸-۲-۳- جذب سفر شغلی ۱۵۷
۹-۲-۳- مدل جذب سفر تحصیلی ۱۵۸
۱۰-۲-۳- جذب سفر خرید ۱۵۹
۱۱-۲-۳- جذب سفر تفریح ۱۶۰
۱۲-۲-۳- مدل جذب سفر سایر ۱۶۱
۱۳-۲-۳- مدل جذب سفر غیر خانه مبنا ۱۶۲
۱۴-۲-۳- توزیع سفر ۱۶۳
۱۵-۲-۳- تفکیک سفر (انتخاب وسیله سفر) ۱۷۷
۱۶-۲-۳- تعیین ضرایب (ساخت مدل‌های انتخاب) زمان روز برای ساعات اوج صبح، اوج ظهر، اوج عصر، غیراوج و تمام روز ۱۸۴

فهرست مطالب

۳-۲-۱۷- تخصیص ترافیک به شبکه ۱۹۴
۳-۳- اعتبارسنجی مدل‌های ساخته‌شده ۲۰۷
۳-۳-۱- همگرایی در تخصیص تعادلی ۲۰۷
۳-۳-۲- اعتبارسنجی احجام تردد ۲۰۸
۳-۳-۳- معیار درصد خطا وابسته به حجم ۲۱۳
۳-۳-۴- شاخص آماری GEH ۲۱۳
۳-۳-۵- اصلاح ماتریس مبدأ-مقصد ۲۱۵
۳-۳-۶- راهکارهای عیب‌یابی ۲۱۸
۳-۴- برآورد تقاضای سفر سال‌های افق در سال ساعات اوج صبح، ظهر، عصر، تمام روز و میانگین ساعات غیراوج ۲۲۸
۳-۵- برآورد تقاضای سفر در شرایط اضطراری براساس گزینه‌های پدافند غیرعامل و مدیریت بحران (تخلیه و اسکان اضطراری) ۲۳۴
۳-۵-۱- کلیات تحلیل پدافند غیرعامل ۲۳۴
۳-۵-۲- مکان‌یابی محل‌های پیشنهادی برای اسکان اضطراری و تخلیه امن ۲۳۷
۳-۵-۳- استراتژی تخلیه: اسکان درونی و اسکان بیرونی ۲۳۸

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱ : الگوریتم روش شماره ۱ برای برآورد جمعیت نواحی ترافیکی ۲۵
شکل ۳-۲ : شکل نمایش منحنی لجستیکی (S شکل)..... ۲۹
شکل ۳-۳ : شکل الگوریتم روش شماره ۳ برای برآورد جمعیت ۳۰
شکل ۳-۴ : تابع لجستیکی به‌منظور نمایش رابطه جمعیت - زمان..... ۳۳
شکل ۳-۵ : الگوریتم برآورد جمعیت نواحی ترافیکی ۳۵
شکل ۳-۶ : روند تغییرات جمعیت استان و شهر اردبیل از سال ۱۳۶۵ تا سال ۱۳۹۵ ..... ۳۸
شکل ۳-۷ : هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۳۸۵ ..... ۴۰
شکل ۳-۸ : هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۳۹۰ ..... ۴۱
شکل ۳-۹ : هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۳۹۵ ..... ۴۳
شکل ۳-۱۰ : روند کلی نرخ مرگ‌ومیر (به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر در سال)، برای مردان و زنان در سال های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ ..... ۴۴
شکل ۳-۱۱ : روند نرخ باروری عمومی، برای تولدهای پسر و دختر در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ .... ۴۵
شکل ۳-۱۲ : هرم سنی مهاجران در سال ۱۳۸۵ ..... ۴۶
شکل ۳-۱۳ : هرم سنی مهاجران در سال ۱۳۹۰ ..... ۴۷
شکل ۳-۱۴ : هرم سنی مهاجران در سال ۱۳۹۵ ..... ۴۷
شکل ۳-۱۵ : هرم سنی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۲ ..... ۴۹
شکل ۳-۱۶ : هرم سنی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۷ ..... ۵۳
شکل ۳-۱۷ : هرم سنی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۱۲ ..... ۵۷
شکل ۳-۱۸ : هرم سنی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۱۷ ..... ۶۰
شکل ۳-۱۹ : بررسی نرخ تکفل برای محاسبه شاغلین در محل سکونت محدوده مورد مطالعه ۸۰
شکل ۳-۲۰ : برآورد تعداد شاغلین در محل سکونت محدوده مورد مطالعه ۸۱
شکل ۳-۲۱ : نمودار تعداد خودروهای پلاک‌گذاری شده در هر سال در کل کشور بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران ۹۶
شکل ۳-۲۲ : پیش بینی تولید ناخالص داخلی در سال‌های افق ۹۸
شکل ۳-۲۳ : پیش‌بینی سرانه تولید ناخالص داخلی در سال‌های افق ۹۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۲۴ : برازش نمودار S شکل بر داده‌های تعداد خودرو پلاک گذاری شده و سرانه تولید ناخالص داخلی ۹۹
شکل ۳-۲۵ : پراکنش برآورد مشاهده مدل S شکل پرداخت شده جهت پیش‌بینی تعداد خودرو پلاک‌گذاری شده ۱۰۰
شکل ۳-۲۶ : برآورد تعداد خودرو و سرانه مالکیت وسیله نقلیه شخصی در محدوده مورد مطالعه در سال‌های افق..... ۱۰۲
شکل ۳-۲۷ : برآورد نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار در افق ۱۰۹
شکل ۳-۲۸ : برآورد تعداد کل دانش‌آموز در محل سکونت در سال‌های افق محدوده مورد مطالعه..... ۱۱۸
شکل ۳-۲۹ : برآورد تعداد کل دانشجویان محدوده مورد مطالعه در سال‌های افق ۱۲۷
شکل ۳-۳۰ : اهداف سفر مورد استفاده در مطالعات جامع حمل و نقل شهری و حومه اردبیل ۱۳۷
شکل ۳-۳۱ : سهم اهداف مختلف سفر در مطالعات جامع حمل و نقل شهری و حومه اردبیل..... ۱۳۷
شکل ۳-۳۲ : خلاصه مدلسازی ایجاد سفر و ویژگی‌های رگرسیون OLS ۱۵۰
شکل ۳-۳۳ : مدل‌های تولید سفر شغلی ۱۵۲
شکل ۳-۳۴ : مدل‌های تولید سفر تحصیلی ۱۵۲
شکل ۳-۳۵ : مدل‌های تولید سفر خرید..... ۱۵۳
شکل ۳-۳۶ : مدل‌های تولید سفر تفریحی ۱۵۴
شکل ۳-۳۷ : مدل‌های تولید سفر سایر..... ۱۵۵
شکل ۳-۳۸ : مدل‌های تولید سفر غیر خانه مبنا ۱۵۶
شکل ۳-۳۹ : مدل‌های جذب سفر شغلی..... ۱۵۷
شکل ۳-۴۰ : مدل‌های جذب سفر تحصیلی ۱۵۸
شکل ۳-۴۱ : مدل‌های جذب سفر خرید ۱۵۹
شکل ۳-۴۲ : مدل‌های جذب سفر تفریحی ۱۶۰
شکل ۳-۴۳ : مدل‌های جذب سفر سایر ۱۶۱
شکل ۳-۴۴ : مدل‌های جذب سفر غیر خانه مبنا..... ۱۶۲
شکل ۳-۴۵ : خلاصه مرحله توزیع سفر و مدل‌های رایج آن..... ۱۷۲
شکل ۳-۴۶ : خلاصه مرحله تفکیک شیوه سفر و مدل‌های پرکاربرد آن ۱۸۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۴۷ : خلاصه مدل‌های زمان روز ۱۸۸
شکل ۳-۴۸ : سهم سفرهای شغلی در بازه‌های مختلف روز ۱۹۰
شکل ۳-۴۹ : سهم سفرهای تحصیلی در بازه‌های مختلف روز ۱۹۰
شکل ۳-۵۰ : سهم سفرهای خرید در بازه‌های مختلف روز ۱۹۱
شکل ۳-۵۱ : سهم سفرهای تفریح در بازه‌های مختلف روز ۱۹۱
شکل ۳-۵۲ : سهم سفرهای سایر در بازه‌های مختلف روز ۱۹۲
شکل ۳-۵۳ : سهم سفرهای غیرخانه‌مبنا در بازه‌های مختلف روز ۱۹۲
شکل ۳-۵۴ : سهم کل سفرها در بازه‌های مختلف روز ۱۹۳
شکل ۳-۵۵ : خلاصه روند تخصیص ترافیک بر اساس ضابطه ۸۰۱ ..... ۱۹۸
شکل ۳-۵۶ : سطح خدمت‌دهی معابر در تخصیص روزانه مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس ۱۹۹
شکل ۳-۵۷ : تخصیص تقاضای همگانی روزانه حاصل از مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس به خطوط همگانی شهر ۲۰۱
شکل ۳-۵۸ : حجم مسافر سوار شده، پیاده شده و انتقالی در تخصیص تقاضای همگانی روزانه ۲۰۲
شکل ۳-۵۹ : تخصیص تقاضای همگانی روزانه حاصل از مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس به شبکه با ظرفیت نامحدود ۲۰۳
شکل ۳-۶۰ : وضعیت روانی حرکت معابر در تخصیص ساعت اوج صبح مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس ۲۰۴
شکل ۳-۶۱ : وضعیت روانی حرکت معابر در تخصیص ساعت اوج ظهر مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس ۲۰۵
شکل ۳-۶۲ : وضعیت روانی حرکت معابر در تخصیص ساعت اوج عصر مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس ۲۰۶
شکل ۳-۶۳ : اعتبارسنجی احجام شمارش شده و حاصل از مدل برای تخصیص تمام‌روز ۲۰۹
شکل ۳-۶۴ : اعتبارسنجی احجام شمارش شده و حاصل از مدل برای تخصیص اوج صبح ۲۰۹
شکل ۳-۶۵ : اعتبارسنجی احجام شمارش شده و حاصل از مدل برای تخصیص اوج ظهر ۲۱۰
شکل ۳-۶۶ : اعتبارسنجی احجام شمارش شده و حاصل از مدل برای تخصیص اوج عصر ۲۱۰
شکل ۳-۶۷ : خلاصه روش اعتبارسنجی مدل‌ها بر اساس ضابطه ۸۰۱ ..... ۲۱۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۶۸ : پراکنش برآورد مشاهده مدل تولید سفرهای شغلی ۲۲۰
شکل ۳-۶۹ : پراکنش برآورد مشاهده مدل تولید سفرهای تحصیلی ۲۲۰
شکل ۳-۷۰ : پراکنش برآورد مشاهده مدل تولید سفرهای خرید..... ۲۲۱
شکل ۳-۷۱ : پراکنش برآورد مشاهده مدل تولید سفرهای تفریحی..... ۲۲۱
شکل ۳-۷۲ : پراکنش برآورد مشاهده تولید سفر سایر..... ۲۲۲
شکل ۳-۷۳ : پراکنش برآورد مشاهده تولید سفر غیرخانه مبنا ۲۲۲
شکل ۳-۷۴ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفر شغلی..... ۲۲۳
شکل ۳-۷۵ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای تحصیلی ۲۲۳
شکل ۳-۷۶ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای خرید ۲۲۴
شکل ۳-۷۷ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای تفریح..... ۲۲۴
شکل ۳-۷۸ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای سایر ۲۲۵
شکل ۳-۷۹ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای غیر خانه مبنا..... ۲۲۵
شکل ۳-۸۰ : اعتبارسنجی مدل‌های تولید سفر ۲۲۶
شکل ۳-۸۱ : اعتبارسنجی مدل‌های جذب سفر ۲۲۷
شکل ۳-۸۲ : کلیات مطالعات بخش پدافند غیرعامل ۲۴۰

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱ : خلاصه اطلاعات کاربری زمین محدوده مورد مطالعه ۴
جدول ۳-۲ : اطلاعات کاربری زمین وضع موجود دریافت شده به تفکیک نواحی ترافیکی محدوده مورد مطالعه ۵
جدول ۳-۳ : ویژگی‌های رایج برای رده‌بندی افراد به همراه وضعیت‌های ممکن ۳۱
جدول ۳-۴ : تغییرات جمعیت اردبیل از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ ..... ۳۸
جدول ۳-۵ : فراوانی مطلق و فراوانی نسبی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۲ بر اساس رده سنی ۵۰
جدول ۳-۶ : جمعیت برآوردشده مناطق توسط مشاور ۵۱
جدول ۳-۷ : فراوانی مطلق و فراوانی نسبی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۷ بر اساس رده سنی ۵۴
جدول ۳-۸ : فراوانی مطلق و فراوانی نسبی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۱۲ ..... ۵۸
جدول ۳-۹ : فراوانی مطلق و فراوانی نسبی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۱۷ ..... ۶۱
جدول ۳-۱۰ : برآورد جمعیت نواحی ترافیکی محدوده مورد مطالعه ۶۵
جدول ۳-۱۱ : برآورد تعداد شاغلین در محل سکونت محدوده مورد مطالعه ۷۹
جدول ۳-۱۲ : تعداد شاغل در محل سکونت و شاغل در محل شغل در محدوده مورد مطالعه ۸۳
جدول ۳-۱۳ :تعداد پلاک‌گذاری کل کشور در هر سال بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران ۹۴
جدول ۳-۱۴ : تولید ناخالص داخلی و سرانه آن طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۴۰۲ بر اساس داده‌های بانک مرکزی ۹۶
جدول ۳-۱۵ : برآورد تعداد خودرو در محدوده مورد مطالعه در سال‌های افق ۱۰۱
جدول ۳-۱۶ : برآورد سرانه مالکیت وسیله نقلیه به تفکیک نواحی ترافیکی محدوده مورد مطالعه ۱۰۲
جدول ۳-۱۷ : بررسی میانگین سن ازدواج و جمعیت بالای سن ازدواج در سال‌های افق ۱۰۸
جدول ۳-۱۸ : بررسی نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ ..... ۱۰۸
جدول ۳-۱۹ : برآورد تعداد و بعد خانوار در سال‌های افق براساس نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار ۱۰۹
جدول ۳-۲۰ : برآورد بعد و تعداد خانوار در نواحی ترافیکی در سال‌های افق ۱۱۰
جدول ۳-۲۱ : برآورد تعداد کل دانش آموزان در محل سکونت محدوده مورد مطالعه ۱۱۷
جدول ۳-۲۲ : برآورد تعداد دانش‌آموز ساکن و دانش آموز در محل تحصیل در سال‌های افق به تفکیک نواحی ترافیکی ۱۱۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۲۳ : اطلاعات تعداد دانشجویان و جمعیت بر اساس سرشماری نفوس و مسکن در بازه سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ ..... ۱۲۵
جدول ۳-۲۴ : برآورد تعداد دانشجو ساکن و دانشجو در محل تحصیل در سال‌های افق به تفکیک نواحی ترافیکی ۱۲۷
جدول ۳-۲۵ : دسته‌بندی اهداف سفر جهت مدلسازی بر اساس ضابطه ۸۰۱ ..... ۱۳۶
جدول ۳-۲۶ : مقایسه مدل‌های رگرسیون خطی و تحلیل طبقه‌بندی متقاطع ۱۴۰
جدول ۳-۲۷ : مقایسه ویژگی‌های آزمون‌های آماری ناهمسانی واریانس ۱۴۷
جدول ۳-۲۸ : متغیرهای استفاده شده در مدل‌های تولید و جذب سفر ۱۵۱
جدول ۳-۲۹ : مقایسه انواع توابع مقاومت ۱۶۸
جدول ۳-۳۰ : مقایسه مدل توزیع سفر فراتر و جاذبه ۱۷۱
جدول ۳-۳۱ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر شغلی ۱۷۳
جدول ۳-۳۲ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر تحصیلی ۱۷۳
جدول ۳-۳۳ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر خرید ۱۷۴
جدول ۳-۳۴ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر تفریح ۱۷۴
جدول ۳-۳۵ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر سایر ۱۷۵
جدول ۳-۳۶ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای سفرهای غیرخانه مبنا ۱۷۵
جدول ۳-۳۷ : خلاصه بهترین مدل‌های توزیع سفر پیشنهادی به تفکیک اهداف سفر ۱۷۶
جدول ۳-۳۸ : مقایسه اجمالی انواع مدل های انتخاب گسسته ۱۸۱
جدول ۳-۳۹ : مدل تفکیک شیوه پرداخت شده ۱۸۳
جدول ۳-۴۰ : سهم اهداف مختلف سفر به تفکیک از خانه و به خانه و ساعت روز ۱۸۹
جدول ۳-۴۱ : اعتبارسنجی خط برش در تخصیص مدل چهارمرحله‌ای پیش و پس از اصلاح ماتریس ۲۱۲
جدول ۳-۴۲ : بررسی شاخص GEH در تخصیص ساعت اوج صبح ۲۱۴
جدول ۳-۴۳ : بررسی شاخص GEH در تخصیص ساعت اوج ظهر ۲۱۴
جدول ۳-۴۴ : بررسی شاخص GEH در تخصیص ساعت اوج عصر ۲۱۵
جدول ۳-۴۵ : اعتبارسنجی اصلاح ماتریس براساس تغییر حجم کل ۲۱۵
جدول ۳-۴۶ : اعتبارسنجی توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح ماتریس برای تخصیص روزانه ۲۱۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۴۷ : اعتبارسنجی توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح ماتریس برای تخصیص ساعت اوج صبح ۲۱۷
جدول ۳-۴۸ : اعتبارسنجی توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح ماتریس برای تخصیص ساعت اوج ظهر ۲۱۷
جدول ۳-۴۹ : اعتبارسنجی توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح ماتریس برای تخصیص ساعت اوج عصر ۲۱۸
جدول ۳-۵۰ : مقایسه مشاهده برآورد مدل‌های تولید سفر ساخته شده ۲۲۶
جدول ۳-۵۱ : مقایسه مشاهده – برآورد مدل‌های جذب سفر ساخته شده..... ۲۲۷
جدول ۳-۵۲ : تولید و جذب سفر در نواحی ترافیکی در سال‌های افق ۲۲۸

فصل ۳: مدل‌سازی

۳-۱- ساخت مدل‌های برآورد متغیرهای مورد نیاز

۳-۱-۱- دریافت اطلاعات کاربری زمین

برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری فرآیندی پیچیده است که هدف آن ایجاد تعادل میان عرضه و تقاضای سفر است. در قلب این فرآیند، مدل‌های کلاسیک چهارمرحله‌ای[۱] قرار دارند که سنگ بنای پیش‌بینی تقاضا در دهه‌های اخیر بوده‌اند. یکی از ارکان اصلی و غیرقابل انکار در این مدل‌ها، داده‌های کاربری زمین است. این بخش از گزارش به بررسی دقیق نقش این داده‌ها در مرحله ایجاد سفر و به‌ویژه در بخش جذب سفر می‌پردازد. استدلال می‌شود که دقت و صحت مدل‌های جذب سفر، وابستگی مستقیمی به کیفیت، جزئیات و طبقه‌بندی صحیح اطلاعات کاربری زمین در سطح نواحی ترافیکی (TAZ) دارد.

زیربنای هر سیستم حمل‌ونقل کارآمد، درک صحیح از نحوه تعامل میان فعالیت‌های انسانی و شبکه حمل‌ونقل است. تقاضای سفر، تقاضایی مشتق‌شده محسوب می‌شود؛ بدین معنا که سفر به خودی خود هدف نیست، بلکه وسیله‌ای برای دسترسی به فعالیت‌هایی نظیر کار، تحصیل، خرید و تفریح است. این فعالیت‌ها در بستر فیزیکی شهر و در قالب کاربری‌های زمین توزیع شده‌اند. بنابراین، توزیع فضایی کاربری‌های زمین، تعیین‌کننده اصلی الگوهای تولید و جذب سفر در سطح شبکه است.

در مدل‌های کلاسیک چهارمرحله‌ای که شامل ایجاد سفر، توزیع سفر، تفکیک شیوه سفر و تخصیص ترافیک است، گام نخست (ایجاد سفر) به شدت به متغیرهای اقتصادی-اجتماعی و کاربری زمین وابسته است. در حالی که مدل‌های تولید سفر عمدتاً بر پایه ویژگی‌های خانوار (مانند بُعد خانوار و مالکیت خودرو) در مبدأ استوار هستند، مدل‌های جذب سفر به طور مستقیم از ویژگی‌های کاربری زمین در مقصد تبعیت می‌کنند. عدم درک صحیح از این رابطه و یا استفاده از داده‌های کاربری زمینِ غیردقیق، منجر به خطاهای سیستماتیک در برآورد ماتریس مبدأ-مقصد و در نهایت طراحی نامناسب زیرساخت‌ها خواهد شد.

جذب سفر به تعداد سفرهایی اطلاق می‌شود که به یک ناحیه ترافیکی ختم می‌شوند. برخلاف تولید سفر که با رفتار و ویژگی‌های دموگرافیک ساکنین مرتبط است، جذب سفر تابعی از ظرفیت و ماهیت فعالیت‌ها در ناحیه مقصد است. هر کاربری زمین بر اساس ماهیت عملکردی خود، پتانسیل متفاوتی برای جذب افراد دارد.

[۱] Four-Step Models

به طور کلی، متغیرهای کاربری زمین که در مدل‌های جذب سفر مورد استفاده قرار می‌گیرند، به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- ✓ متغیرهای مساحتی و تراکمی: شامل سطح زیربنای کاربری‌ها (مانند متر مربع فضای تجاری یا اداری).
- ✓ متغیرهای فعالیتی: شامل تعداد فرصت‌های شغلی و تعداد دانش‌آموزان یا مراجعین.

در متون علمی و مراجع معتبر نظیر ITE (Institute of Transportation Engineers)، ضرایب جذب سفر برای کاربری‌های مختلف بر اساس مطالعات میدانی گسترده تعیین شده است. این ضرایب نشان می‌دهند که هر واحد از یک کاربری خاص (مثلاً هر ۱۰۰ متر مربع فضای تجاری) چه تعداد سفر در ساعت اوج یا در طول شبانه‌روز جذب می‌کند.

برای مدل‌سازی دقیق، کاربری‌های زمین باید به دسته‌های همگن با رفتار ترافیکی مشابه تفکیک شوند. تجمیع بیش از حد کاربری‌ها منجر به کاهش دقت مدل می‌شود. دسته‌بندی‌های استاندارد در مطالعات جامع حمل‌ونقل معمولاً شامل موارد زیر است:

- **کاربری‌های تجاری**[۱]: این کاربری‌ها از مهم‌ترین جاذب‌های سفر، به‌ویژه در ساعات غیر اوج صبحگاهی و اوج عصرگاهی هستند. در مدل‌سازی پیشرفته، کاربری تجاری به زیرگروه‌هایی نظیر «خرده‌فروشی»، «مراکز خرید بزرگ[۲]» و «خدمات تجاری» تفکیک می‌شود. متغیر مستقل معمولاً «تعداد شاغلین در بخش خرده‌فروشی» یا «سطح زیربنای خالص تجاری» در نظر گرفته می‌شود. رابطه ریاضی جذب سفر در این بخش معمولاً غیرخطی است، زیرا با افزایش مقیاس مرکز خرید، جاذبه آن به صورت تصاعدی یا لگاریتمی تغییر می‌کند.
- **کاربری‌های اداری و خدماتی**[۳]: سفرهای کاری[۴] بخش عمده‌ای از ترافیک اوج صبحگاهی را تشکیل می‌دهند. جذب سفر در این کاربری‌ها همبستگی بسیار بالایی با «تعداد کل فرصت‌های شغلی» در ناحیه دارد. در مدل‌های دقیق‌تر، مشاغل به دسته‌های «اداری»، «دولتی» و «خصوصی» تفکیک می‌شوند تا تفاوت در نرخ جذب مراجعین نیز لحاظ گردد.
- **کاربری‌های آموزشی**[۵]: مدارس و دانشگاه‌ها از بزرگترین جاذب‌های سفر در ساعات خاصی از روز هستند. متغیر اصلی در این بخش «تعداد دانش‌آموزان» یا «ظرفیت ثبت‌نامی» است. تفکیک بین مدارس ابتدایی (که سفرهای آن معمولاً کوتاه و محلی است) و دانشگاه‌ها (که سفرهای طولانی از سراسر شهر جذب می‌کنند) در

[۱] Commercial/Retail
[۲] Malls
[۳] Office/Service
[۴] HBW - Home Based Work
[۵] Educational

مدل‌سازی توزیع سفر بسیار حیاتی است، اما در مرحله جذب، تعداد کل سفرها بر اساس سرانه دانش‌آموزی محاسبه می‌شود.

- **کاربری‌های صنعتی**[۱]: کاربری‌های صنعتی معمولاً نرخ جذب سفر کمتری نسبت به واحد سطح در مقایسه با تجاری و اداری دارند. متغیر کلیدی در اینجا «تعداد کارگران صنعتی» و در برخی موارد «وسعت زمین صنعتی» است. توجه به جذب سفرهای کامیونی و باربری در کنار سفرهای مسافری در این کاربری‌ها الزامی است.

یکی از بزرگترین چالش‌ها در توسعه مدل‌های جذب سفر، تهیه داده‌های دقیق و به‌روز کاربری زمین است.

- **ناهمخوانی زمانی**: اغلب داده‌های کاربری زمین از طرح‌های تفصیلی یا ممیزی‌های املاک استخراج می‌شوند که ممکن است با سال پایه مدل ترافیکی همخوانی نداشته باشند.
- **دقت مکانی**: تخصیص دقیق کاربری‌ها به نواحی ترافیکی (TAZ) نیازمند سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) دقیق است. خطای «تخصیص مرزی[۲]» در جایی که یک کاربری بزرگ بین دو ناحیه تقسیم شده، می‌تواند نتایج را مخدوش کند.
- **کاربری‌های مختلط**[۳]: در شهرسازی مدرن، بسیاری از ساختمان‌ها دارای کاربری ترکیبی (تجاری در همکف، اداری یا مسکونی در طبقات بالا) هستند. مدل‌ها باید قابلیت تفکیک این سطوح را داشته باشند، در غیر این صورت نرخ جذب کمتر یا بیشتر از واقعیت برآورد می‌شود.

اگرچه تمرکز این گزارش بر مدل‌های چهارمرحله‌ای کلاسیک است، اما اشاره به این نکته ضروری است که در مدل‌های «مبنا-فعالیت[۴]»، نقش کاربری زمین از یک متغیر صرفاً کمی (تعداد سفر) به یک متغیر کیفی و رفتاری ارتقا می‌یابد. در این مدل‌ها، نه تنها چقدر کاربری وجود دارد، بلکه دسترسی به کاربری‌ها، تنوع کاربری‌ها و کیفیت محیطی نیز در جذابیت مقصد تأثیرگذار هستند. با این حال، حتی در پیشرفته‌ترین مدل‌ها نیز، داده‌های پایه همان سطح زیربنا و تعداد مشاغل است که در مدل‌های کلاسیک استفاده می‌شود.

پس از برازش معادلات جذب بر اساس داده‌های کاربری زمین، مرحله «موازنه تولید و جذب» انجام می‌شود. از آنجا که مدل‌های تولید سفر (مبتنی بر خانوار) معمولاً از دقت و ثبات بیشتری برخوردارند، مجموع کل جذب‌های محاسبه شده در سطح شهر معمولاً طوری نرمالایز می‌شود که با مجموع کل تولیدها برابر گردد. اگر داده‌های کاربری زمین

---

۱ Industrial
۲ Boundary effect
۳ Mixed-Landuse
۴ Activity-Based Models - ABM

دارای خطاهای فاحش باشند، ضرایب نرمالایزینگ[1] بسیار بزرگ یا بسیار کوچک خواهند شد که نشان‌دهنده ضعف مدل است. بنابراین، کیفیت داده‌های کاربری زمین مستقیماً در مرحله کالیبراسیون خود را نشان می‌دهد.

اطلاعات کاربری زمین، ستون فقرات مدل‌های جذب سفر در فرآیند برنامه‌ریزی حمل‌ونقل محسوب می‌شود. بدون داشتن پایگاه داده‌ای دقیق که شامل ریزمتره سطوح کاربری، تعداد مشاغل به تفکیک رسته شغلی و ظرفیت‌های آموزشی و خدماتی باشد، پیش‌بینی تقاضای سفر در مقصد با خطای قابل توجهی مواجه خواهد شد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات حمل‌ونقل، پیش از ورود به مراحل مدل‌سازی، یک فاز مستقل و دقیق برای «ممیزی و به‌روزرسانی لایه کاربری زمین» در محیط GIS تعریف شود. در نهایت، باید پذیرفت که مدل حمل‌ونقل، آینه‌ای از کاربری زمین است و هرگونه تغییر در سیاست‌های شهرسازی و تراکم‌بندی، باید از طریق این متغیرها در مدل منعکس گردد تا ارزیابی اثرات ترافیکی (TIA) به درستی انجام پذیرد.

در این مطالعات اطلاعات کاربری زمین وضع موجود محدوده مورد مطالعه در شهر اردبیل برای سال ۱۴۰۲ است که توسط مشاور بازنگری طرح توسعه و عمران (جامع) شهر اردبیل یعنی مهندسین مشاور معماری و شهرسازی عرصه برداشت گردیده و در اختیار این مشاور قرار گرفته است.

جدول ۳-۱ : خلاصه اطلاعات کاربری زمین محدوده مورد مطالعه

کاربری	مساحت (هکتار)	سهم (درصد)	کاربری	مساحت (هکتار)	سهم (درصد)
مسکونی	۱۴۳۳	٪۴۲.۱۳	حمل و نقل و انبارداری	۳۲	٪۰.۹۳
آموزش عالی	۲۰۹	٪۶.۱۴	نظامی	۱۶	٪۰.۴۷
آموزشی	۱۳۲	٪۳.۸۷	باغات و کشاورزی	۴۰	٪۱.۱۹
اداری - انتظامی	۸۰	٪۲.۳۶	میراث تاریخی	۵	٪۰.۱۵
تجاری - خدمات	۱۱۳	٪۳.۳۲	طبیعی	۳۸	٪۱.۱۲
ورزشی	۶۲	٪۱.۸۳	صنعتی	۱۷	٪۰.۵۱
درمانی	۴۲	٪۱.۲۴	سایر	۸۵	٪۲.۴۹
فرهنگی و هنری	۲۵	٪۰.۷۴	تفریحی و توریستی	۴	٪۰.۱۲
پارک و فضای سبز	۱۸۸	٪۵.۵۱	مسکونی - تجاری	۲۷۸	٪۸.۱۷
مذهبی	۱۴	٪۰.۴۱	مختلط	۵۰	٪۱.۴۸
تاسیسات شهری	۱۵	٪۰.۴۴	بایر	۵۰۴	٪۱۴.۸۲
تجهیزات شهری	۱۹	٪۰.۵۵	**کل**	**۳۴۰۱**	**٪۱۰۰**

[1] Adjustment Factors

جدول ۳-۲ : اطلاعات کاربری زمین وضع موجود دریافت شده به تفکیک نواحی ترافیکی محدوده مورد مطالعه

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۱	۶۲۲۶	۰	۱۴۰۴	۰	۳۶۴۳۱	۰	۰	۰	۳۹۵	۴۱۹۸	۰	۳۱۰
۲	۱۱۷۲۳۲	۰	۸۱۷۳	۳۴۸	۳۷۸۸۵	۰	۰	۴۰۶۸	۱۲۹۲	۵۹۰۴	۰	۷۰
۳	۱۵۵۶۰۴	۰	۸۳۸۶	۹۹۱۳	۲۳۴۴۲	۴۰۶۴	۱۴۴۰	۰	۰	۲۵۱۲	۵۸	۰
۴	۲۰۱۱۵۰	۰	۰	۲۲۶	۲۲۶۸۲	۰	۰	۱۲۸۰	۱۰۹۵۵	۱۱۶۲۰	۹۸	۳۶
۵	۸۲۵۴۸	۰	۶۵۵۵	۰	۲۷۸۴	۰	۰	۰	۳۷۶۸	۸۳۳	۰	۰
۶	۱۰۳۵۷۸	۰	۵۲۵۴	۰	۹۸۵۶	۰	۰	۳۸۷	۰	۸۶۴	۰	۱۹۵
۷	۱۱۵۳۲۴	۰	۱۷۷۴۰	۸۸۲	۲۳۷۳۶	۵۹۱	۷۷۰۸	۲۵۰۲	۱۰۴۸	۲۲۴۰	۰	۶۴۸
۸	۶۵۴۸۱	۰	۲۳۰۰۹	۴۹۷۹۵	۱۱۰۸۳	۴۳۱۵	۷۸۷۰	۳۳۲	۲۵۸۹۸	۶۶۷	۰	۰
۹	۳۷۵۴۵	۰	۲۶۵۰	۰	۱۵۷۶۶	۴۸۷	۵۲۲۵	۱۴۸۲	۶۱۷۲	۱۱۶۵۲	۰	۱۷۱
۱۰	۱۱۸۶۸۶	۲۷۷	۳۹۵۶	۰	۹۲۰۷	۰	۰	۸۳۵	۰	۹۲۵	۰	۷۷
۱۱	۱۳۷۷۸۸	۰	۴۹۰۳	۰	۹۶۲۴	۰	۰	۱۹۴۹	۰	۱۴۸۹	۱۳	۱۳۶
۱۲	۳۶۸۶۲۹	۰	۹۲۳۸	۲۵۵۲	۱۳۴۷۷	۰	۱۵۵	۳۶۰	۳۸۶۵	۵۰۷۵	۷۷	۲۲۳۹
۱۳	۲۲۱۸۱۷	۰	۳۱۶۷	۶۱۳۰	۱۵۲۸۱	۰	۰	۶۳۳	۰	۲۱۵۳	۵۶	۳۰۵۴
۱۴	۹۸۹۳۰	۰	۵۳۰	۰	۱۲۴۸۱	۰	۰	۰	۰	۱۷۴	۰	۴۵
۱۵	۱۵۷۶۶۵	۰	۰	۰	۲۶۹۵	۰	۲۱۶	۰	۸۸۹۶	۱۱۵۹	۰	۳۲۴۰
۱۶	۷۲۲۳۵	۰	۲۳۱۱۱	۲۱۷	۳۱۵۸	۰	۲۲۴	۰	۰	۳۱۲	۰	۱۱۳

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۱۷	۱۰۱۱۶۹	۰	۱۹۴۷۱	۴۵۳	۴۸۳۴	۰	۰	۰	۱۷۲۰۳	۱۰۸۶	۰	۶۱
۱۸	۶۷۸۸۴	۰	۰	۹۸۵۵	۹۱۹۹	۵۳۶۴	۰	۰	۲۴۶۳	۰	۰	۰
۱۹	۱۱۶۲۴۱	۰	۶۶۴۸	۶۷۸۹۳	۷۲۲۰	۰	۰	۰	۰	۶۸۴	۰	۹۷۹
۲۰	۴۳۵۶۳	۰	۱۵۰۴۳	۲۲۴۳۰	۵۶۴۶	۱۴۵۵۳	۹۷۰	۰	۷۴۰۶	۰	۰	۰
۲۱	۲۰۰۶۶	۱۵۰۷۸	۱۱۳۶۹	۲۶۳۲	۲۳۷۲	۱۹۱۶	۰	۰	۲۰۸۳	۷۶۴	۰	۶۹
۲۲	۱۱۵۵۸۰	۰	۸۸۰	۰	۴۰۶۴	۰	۱۵۸۶	۰	۵۷۴۹۳	۵۹۴	۰	۷۵۱
۲۳	۷۴۲۳۷	۰	۲۵۵۸	۰	۲۶۱۹	۰	۲۵۸	۰	۰	۲۰۵	۰	۰
۲۴	۹۳۷۱۱	۰	۰	۹۵۳	۲۳۷۵	۰	۰	۰	۱۱۷۴	۴۱۳	۰	۰
۲۵	۶۸۴۹۰	۰	۴۳۶۷	۰	۲۱۱۱	۰	۰	۸۵۴۱	۲۱۶۹۴	۰	۰	۰
۲۶	۱۲۱۲۵۷	۰	۵۶۳۲	۰	۹۱۷۷	۹۱	۵۹۲۴	۳۸۵	۲۳۲۲۲	۱۷۲۹	۶	۵۳۴
۲۷	۲۳۲۵۵۴	۱۳۶۲۶	۶۶۱۹	۱۲۱۰۶	۴۰۱۴	۰	۰	۴۱۵۵	۲۷۵۸۸	۱۵۳۶	۰	۲۶۸۲
۲۸	۹۸۵۷۶	۰	۷۵۸۵	۲۲۳۲	۱۴۰۰	۰	۶۲۸	۱۶	۱۶۷۶۵	۰	۰	۵۴
۲۹	۸۱۹۶۷	۰	۲۵۳۲	۲۹۹۹	۵۱۹۷	۰	۰	۲۷۳	۳۹۳۴۲	۰	۰	۰
۳۰	۲۰۸۸۱۷	۰	۲۷۹۳۷	۱۵۹۱۹	۱۹۳۴۰	۳۱۴۳۷	۲۱۰۱۵	۰	۱۱۰۶۶	۲۰۷۹	۶۸	۲۱۷۱
۳۱	۲۵۶۴۴۰	۱۶۲۶۲	۳۸۳۳۸	۳۷۶۶	۱۴۷۴۹	۰	۳۴۲	۰	۰	۱۲۰۷	۰	۰
۳۲	۱۷۸۷۲۹	۰	۰	۰	۷۳۴۴	۰	۲۶۹	۰	۰	۶۳۸	۹۱	۲۴۲
۳۳	۷۲۴۸۳	۰	۱۵۸	۳۶۶	۲۶۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳۴	۲۸۲۳۳۱	۰	۱۱۹۵۵	۰	۶۹۹۲	۰	۱۸۹	۰	۰	۱۸۳۹	۷۶	۰

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۳۵	۴۱۰۶۴	۰	۲۴۴۵۵	۰	۳۱۶	۵۲۴۸	۱۹۸۷	۲۲۸۹	۰	۶۹۶	۲۷۷۹	۱۸۰۷۰
۳۶	۱۳۵۱۸۰	۰	۲۹۵۰۱	۰	۱۶۸۳۵	۹۲۹۶	۱۹۰۲	۰	۴۳۱۴	۳۵۶	۵۹۹۸	۰
۳۷	۴۴۰۹۸	۰	۷۷۹۹	۷۱۶	۲۷۵۳۵	۰	۵۶۰۷۸	۰	۰	۸۱۳	۹۲	۷۹۳۵
۳۸	۱۷۲۷۴۲	۰	۷۳۹۵	۰	۳۰۶۸۰	۰	۱۸۵	۰	۰	۱۹۷۰	۸۵	۱۰۱۰
۳۹	۱۲۹۰۰۶	۰	۱۵۹۰۱	۵۹۸۲	۷۱۵۴	۱۷۳۶۱	۲۵۸	۷۸۰	۲۰۶۳۷	۱۰۷۲	۱۲۹	۱۲۹
۴۰	۸۹۳۴۳	۵۲۵۳	۹۲۶۳	۴۹۸۷	۱۰۸۵	۳۲۱۵۶	۰	۰	۰	۳۰۷۱	۰	۰
۴۱	۷۹۵۷۴	۰	۵۵۳۵	۰	۵۲۳۳	۰	۳۵۷۵۳	۰	۲۱۷۹	۳۲۰	۵۳	۰
۴۲	۰	۰	۰	۲۳۶	۲۲۲۴۷	۰	۰	۰	۰	۰	۴۶	۸۹
۴۳	۶۵۶۶۳	۰	۶۶۱۳	۲۱۰۴	۹۸۱۰	۰	۰	۰	۱۴۲۴	۲۵۱۹	۳۹۰	۰
۴۴	۲۳	۰	۰	۱۵۳۶	۳۲۰۵۳	۰	۰	۰	۰	۱۳۱	۱۴۱۰	۰
۴۵	۳۸۳۳۴	۰	۴۰۳	۰	۲۶۱۶۸	۰	۰	۰	۰	۳۶۱	۰	۵۱
۴۶	۸۸۵۰۹	۰	۱۹۵۵	۰	۲۳۷۷۴	۹۱۲	۰	۰	۰	۳۲۸	۰	۰
۴۷	۱۳۸۳۴۷	۰	۶۰۰۶	۶۴۸۸	۳۵۱۹۲	۹۱۳	۳۴۲۰	۰	۷۲۳۴	۸۸۰	۱۳۰	۰
۴۸	۰	۰	۲۰۶۵۹	۳۳۶۱۹	۰	۲۴۶۱	۰	۰	۲۴۵۲۱۹	۰	۱۰۱۷	۰
۴۹	۸۵۹۵۰	۰	۴۰۳۷	۰	۰	۱۲۰۱	۰	۰	۴۲۰۹	۰	۸۰	۰
۵۰	۸۱۳۲۴	۰	۰	۰	۰	۱۸۰۱	۰	۰	۵۰۷۵۶	۱۸۶۵	۰	۰
۵۱	۷۵۳۸۳	۰	۴۶۹۹	۰	۲۶۵۹	۱۳۰۹	۱۶۴	۰	۳۰۴۳	۶۰۴	۴۸	۰
۵۲	۴۲۰۳۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۹۵

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۵۳	۹۲۲۹۶	۰	۰	۰	۲۷۵۳	۰	۵۷۱	۰	۰	۰	۲۰۳	۰
۵۴	۴۴۶۶۶	۰	۶۴۵۰	۰	۵۵۰	۰	۸۷۷	۱۹۰	۳۰۰۱	۰	۰	۰
۵۵	۴۷۷۱۴	۰	۱۷۴۱۰	۰	۴۵۷	۶۰۹۶	۱۰۱۱	۰	۱۷۰۸	۰	۱۹۷	۱۰۴۷
۵۶	۱۱۸۰۵۱	۰	۰	۰	۴۱۷۳	۰	۹۳۲	۰	۰	۰	۱۴۰	۰
۵۷	۱۶۲۸۲۱	۰	۱۸۳۳	۵۲۹	۸۱۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰	۸۴
۵۸	۱۴۱۱۱۲	۰	۲۷۱۵۵	۰	۱۳۲۷	۵۹۹۱	۱۰۵۸	۰	۳۴۹	۰	۲۸۳۹۸	۰
۵۹	۱۵۷۹۷۲	۰	۱۷۸۹	۲۶۶۵	۸۰۶۰	۰	۱۲۵۵	۰	۰	۱۱۶۳	۵۰	۰
۶۰	۱۷۷۹۰۶	۰	۷۵۳۳	۰	۱۲۴۲۴	۰	۱۲۰۵	۰	۰	۰	۳۰	۰
۶۱	۲۱۷۲۳۳	۰	۳۶۹۴۳	۰	۷۸۰۹	۲۷۷۱	۲۹۱۹	۰	۰	۰	۸۷۱	۰
۶۲	۱۲۵۷۵۷	۰	۰	۰	۲۱۱۱	۰	۶۲۶	۰	۰	۰	۰	۰
۶۳	۰	۰	۱۰۸۲۶۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۰۵	۰	۰
۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶۵	۵۳۱۳۸	۰	۲۰۱۶۷	۴۹۳	۲۶۵۹	۱۰۰۹۲	۰	۸۵۴	۸۸۳۵	۳۸۵	۰	۰
۶۶	۷۳۹۷۱	۰	۹۴۹۹	۰	۷۶۸	۴۰۶۶	۰	۰	۹۲۱۹	۰	۰	۰
۶۷	۹۲۸۲۵	۰	۱۱۷۵	۳۱۸	۷۳۰۷	۰	۲۰۷۸	۰	۰	۰	۸۸	۰
۶۸	۷۰۵۵۲	۰	۳۷۴۳	۰	۱۱۹۰۴	۰	۶۸۱	۰	۲۷۶۲	۰	۰	۰
۶۹	۱۱۴۰۴۱	۰	۴۹۸۷	۲۰۱	۲۷۸۱	۱۹۷۶۱	۰	۰	۲۱۷۴۰	۰	۰	۰
۷۰	۱۳۱۹۰۵	۰	۲۰۴۴۴	۰	۱۳۴	۰	۰	۰	۵۵۷۲	۰	۰	۰

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۷۱	۷۹۱۳۵	۵۳۰۲	۱۲۳۵۰	۱۱۵۰۷	۴۷۵	۰	۱۹۹۶	۰	۹۷۶۳	۰	۴۷	۰
۷۲	۶۳۹۴۳	۰	۶۳۰	۰	۱۰۰۹	۰	۰	۰	۲۹۸۶	۰	۰	۷
۷۳	۹۱۹۳۰	۰	۵۴۷۳	۲۳۰	۴۷۰	۰	۱۴۱۱	۳۵۵	۱۰۹۶۷	۰	۲۵	۰
۷۴	۲۷۸۵	۷۱۶	۳۹۱۹	۰	۰	۵۰۷۱	۰	۰	۸۱۹۹	۰	۰	۰
۷۵	۳۸۴۶۴	۰	۵۳۴۶	۱۰۴۴	۹۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷۶	۳۱۱۱۶	۰	۱۰۶۶	۳۴۸۳۳	۹۲۷۷	۲۱۷۴	۱۶۴۷	۰	۱۳۵۷۹	۰	۰	۰
۷۷	۵۴۳۶	۰	۱۰۰۰	۰	۱۹۷	۰	۰	۰	۱۰۷۹۶	۵۰۱	۵۴۰	۰
۷۸	۱۶۵۲۱۱	۳۲۳۶	۲۷۱۹۲	۲۸۶۰	۳۲۲۲۱	۱۵۳۰۱	۱۱۰۶	۰	۲۶۹۰۳	۰	۵۱	۶۳۲۸
۷۹	۱۷۶۰۷۱	۰	۲۷۴۹	۳۴۲۷	۶۲۱۴	۰	۴۷۸۸	۰	۳۰۶۲۵	۰	۱۹۴	۳۳۵
۸۰	۱۴۱۵۴۶	۰	۴۰۳۷	۵۹۶	۶۰۱۹	۰	۱۷۵۱	۰	۹۲۶۴	۰	۱۳۷	۰
۸۱	۱۴۹۰۹۱	۰	۶۲۵۲	۶۷۸۷	۱۱۲۲۸	۰	۳۵۵۰۹	۰	۳۸۹۲	۰	۲۱۷۲	۰
۸۲	۲۶۸۶۱	۰	۲۴۰	۲۰۷۵۸	۲۷۳۹	۰	۵۱۴۷	۰	۰	۰	۰	۰
۸۳	۱۷۰۳۶	۲۸۳	۰	۳۰۵۴۳	۰	۷۶۹۴	۰	۲۰۱۹۲	۰	۰	۲۹	۳
۸۴	۱۱۴۵	۰	۲۳۲۴	۰	۰	۲۴۰	۰	۰	۰	۰	۴۶	۰
۸۵	۱۱۴۷۳۰	۰	۲۲۸۵	۶۰۸۰	۵۳۸۳	۰	۰	۰	۰	۰	۸۱	۰
۸۶	۸۱۴۷	۱۰۶۳۲۰	۰	۰	۰	۲۷۷	۰	۰	۶۰۵۳	۰	۱۴۰	۰
۸۷	۱۸۶۶۴۷	۱۹۲	۴۰۶۴	۲۱۲۶	۵۳۳۵	۷۴۵۲	۲۴۰۷	۰	۲۱۸۶۳	۰	۴۷۲	۰
۸۸	۱۳۳۴۸۴	۰	۲۹۳۵	۲۷۱۱	۹۵۵۰	۰	۱۸۲۸	۲۰۰۷۷	۰	۰	۶۴	۰

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۸۹	۱۶۶۸۵۹	۰	۵۶۶۸	۶۰۹۶	۸۴۷	۱۱۳۴۰	۴۹۰۴	۰	۱۱۷۴۶	۰	۴۹	۰
۹۰	۱۵۷۸۲۳	۰	۴۷۱۳۹	۵۶۱۹	۴۱۴۷	۲۰۱	۵۷۰۰	۰	۱۰۴۲۵	۴۵۵	۹۹	۰
۹۱	۱۹۷۵۴۱	۵۴۳۳	۴۶۵۶	۹۷	۳۶۶۱	۰	۱۲۶۳	۰	۴۷۰۲	۰	۶۶	۵۸۹
۹۲	۱۱۶۲۸۰	۰	۴۶۹۳	۰	۴۱۰۸	۰	۰	۰	۸۵۵۰	۰	۰	۰
۹۳	۷۹۱۵۱	۰	۱۱۱۰۸	۱۵۲۷	۰	۸۳۸۱	۲۱۶۶	۱۵۹۳	۰	۱۴۶۱	۲۶۳۷	۰
۹۴	۷۴۷۱۷	۰	۱۹۱۱۸	۲۲۵۲	۰	۱۳۸۲۵	۵۲۹۰	۱۵۵۱	۱۷۵۲	۰	۱۷۸۴	۰
۹۵	۰	۰	۳۰۱۴۱	۰	۰	۰	۳۰۳۹	۷۱۹۴	۲۴۳۹۶	۴۴۶۱	۵۷۵۲	۰
۹۶	۴۴۷۷۷	۰	۱۷۸۴۹	۵۰۸۰	۸۳۵	۱۰۵۷۳	۱۸۷۳	۰	۲۶۲۸۴	۰	۱۸۹۲	۰
۹۷	۰	۵۵۵۴۱	۱۷۹۸۱	۱۹۸۲	۰	۳۶۱۴۲	۳۴۲۰	۰	۷۶۵۰۲	۰	۱۳۴	۰
۹۸	۲۷۰۵۰	۹۷۲۵۹۲	۱۰۸۹۶	۰	۲۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۹۹	۵۵۲۰۳	۰	۰	۰	۲۰۰	۰	۰	۰	۱۱۱۶	۰	۱۹۱	۰
۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰۱	۰	۶۹۹۲۸۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰۲	۴۴۸۸۲	۰	۴۹۸۹	۰	۳۰۰	۰	۱۳۸۲	۰	۶۲۴۵	۰	۰	۰
۱۰۳	۱۳۶۰۷۸	۳۴۶۳	۱۳۱۹۹	۰	۱۴۵	۱۱۱۱۳	۰	۰	۳۵۶۱۲	۰	۱۸۳۹۸	۲۰۶۵
۱۰۴	۱۵۶	۰	۱۸۶۴۵	۰	۰	۱۳۰۴۶	۰	۰	۱۵۹۶۸	۰	۰	۰
۱۰۵	۰	۰	۳۶۰۲۴	۰	۰	۱۱۸۲۶	۰	۵۴۹۴	۱۱۸۶۸۶	۰	۰	۰
۱۰۶	۵۲۵۷۹	۰	۲۳۵۹۶	۲۲۶۳	۱۴۰۷	۲۰۷۵	۷۸۲۸	۸۸۳	۱۵۳۸۲	۴۵۷۵	۷۳۶۱	۰

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۱۰۷	۳۴۹	۰	۲۷۰۴۸	۴۸۸۹	۰	۴۳۸۲۸	۱۲۵۲	۱۵۵۸۸	۱۱۰۰۷۴	۵۱۶۵	۰	۰
۱۰۸	۲۹۸۵۰	۰	۰	۰	۱۷۱۷۷	۵۸۵۲	۲۰۱۱	۱۳۵۴	۵۱۱۴	۸۸۳	۱۶۹۴۹	۰
۱۰۹	۰	۱۸۵۵۹۷	۰	۱۲۴۷۳۵	۰	۰	۸۴۰۰۸	۱۱۹۲۹۹	۸۴۴۴۴	۰	۰	۰
۱۱۰	۴۲۲۶۲	۰	۱۸۰۲	۳۹۳	۰	۵۷۲۸	۴۴۰۵	۷۲۴	۱۳۶۸۵	۷۲۵	۲۳۱۰	۷۱
۱۱۱	۲۶۹۹۷	۰	۲۲۶۸	۱۸۸	۰	۲۴۷۲	۰	۰	۱۰۷۱۴	۱۰۶۴	۰	۰
۱۱۲	۳۰۵۰	۰	۰	۰	۱۱۹۴۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۱۳	۷۴۷۰۰	۰	۳۳۵۲	۹۷۲۳۴	۳۶۱۸	۲۱۹۳	۱۷۰۴	۰	۲۰۶۷۹	۰	۶۱۷	۷۳
۱۱۴	۸۷۹۹۹	۰	۴۰۵۵	۴۸۲	۵۲۹	۰	۷۱۴	۱۴۸۶	۱۹۹۱	۰	۰	۰
۱۱۵	۵۱۶۰۴	۰	۱۳۸۸	۴۵۶	۲۵	۱۹۰۷	۰	۰	۰	۶۲۰	۰	۰
۱۱۶	۸۳۱۴	۰	۱۴۹۶۵	۳۲۴۸	۰	۱۱۸۵۸	۴۴۲	۰	۰	۸۵۱	۳۱۳	۰
۱۱۷	۸۶۱۷۴	۰	۷۷۴۴	۶۷۴	۸۸۳	۴۳۴۰	۰	۶۴۵	۰	۴۴۳	۵۰	۰
۱۱۸	۷۲۴۶۰	۰	۱۶۵۸۳	۶۴۷	۰	۲۴۳۴	۱۳۰۷۸	۴۸۴۹	۲۳۴۳۹	۱۴۱۷	۳۱۸۱	۵۳۹
۱۱۹	۹۲۷۶۱	۰	۶۰۹۵	۱۷۰۵	۱۳۹۴	۲۲۸۲	۰	۰	۱۳۷۹۲	۰	۳۳	۰
۱۲۰	۱۴۵۲۳۹	۰	۵۳۸۴	۷۰۳۵	۱۵۳۸	۴۸۹۷	۳۰۳۸	۰	۲۴۰۶۶	۰	۴۷	۹۷۷
۱۲۱	۷۷۴۵۹	۰	۱۶۹۶	۱۳۳۱	۰	۰	۰	۰	۵۱۹۴	۰	۰	۰
۱۲۲	۱۲۸۲۲۹	۰	۳۴۷۴	۰	۳۴۲۹	۰	۳۱۸	۰	۰	۲۹۹	۳۸	۰
۱۲۳	۴۹۳۰۰	۰	۱۳۰۲۳	۰	۷۵۰	۹۵۴۸۰	۰	۰	۳۲۲۰	۲۲۲۳	۰	۱۷۲۹
۱۲۴	۱۲۲۷۹۲	۰	۴۱۸۷	۰	۱۱۴۲	۴۰۵۲	۲۹۰	۰	۹۰۵۱	۰	۰	۰

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۱۲۵	۹۷۰۵۱	۰	۱۷۸۷	۰	۱۹۱۲	۱۴۴۵	۸۳۵	۰	۰	۰	۱۲۶	۰
۱۲۶	۷۶۷۷۸	۰	۱۰۴۵۶	۰	۶۸۱	۰	۲۹۵۰	۰	۸۰۵	۴۱	۲۶۹۲	۰
۱۲۷	۵۴۳۹۵	۰	۷۰۷۳	۱۰۷۷	۱۸۴۱	۲۶۱۶	۰	۰	۰	۱۸۲	۰	۸۲۰۵۳
۱۲۸	۳۱۱۱۳	۰	۰	۰	۱۰۴۴	۰	۰	۰	۰	۱۴۶	۰	۰
۱۲۹	۵۹۰۷۵	۰	۲۴۶۳	۲۲۲	۳۶۶۴	۵۶۵۲	۱۹۲۶	۰	۸۶۶۹۹	۳۳۳	۹۱۹	۱۲۱۳
۱۳۰	۹۳۱۹۸	۰	۴۸۶۵	۰	۵۴۹	۰	۰	۰	۰	۶۵۲	۰	۰
۱۳۱	۲۲۶۵۱۵	۰	۴۵۲۹	۲۲۹۳	۵۵۰۹	۰	۴۲۱۶	۹۱۳	۰	۱۴۸۷	۳۰۸۹	۵۰۲
۱۳۲	۴۶۸۰۰	۰	۸۵۸	۰	۸۸۴	۰	۵۳۲	۰	۰	۶۰۱	۱۶۸	۰
۱۳۳	۲۶۲۰۷۸	۰	۹۹۵۳	۰	۵۳۳۰	۲۱۴۵	۱۷۲۶	۰	۶۰۶۶	۴۱۵۴	۲۳۱۵	۰
۱۳۴	۹۷۹۵۲	۰	۱۲۶۳۸	۰	۶۰۲	۳۲۲۰	۱۱۶۰۲	۰	۰	۲۷۲	۴۳۹۱	۰
۱۳۵	۱۹۸۲۲۶	۰	۶۴۹۷	۰	۱۵۵۰	۰	۱۱۱۴	۰	۰	۱۷۰۲	۱۰۵	۰
۱۳۶	۱۴۴۴۳۹	۰	۰	۲۵۷	۱۰۶۱	۴۷۶۵	۰	۰	۰	۱۰۴۳	۲۳۴	۰
۱۳۷	۹۴۶۸۶	۰	۶۳۵۴	۰	۶۴۶	۰	۰	۰	۰	۳۲۶	۱۴	۰
۱۳۸	۷۸۷۵۶	۰	۰	۰	۱۴۷۲	۰	۹۳۶	۰	۰	۸۵۸	۶۷	۰
۱۳۹	۵۵۷۱	۰	۵۵۳۹	۰	۰	۸۳۳۳	۱۱۶۳	۹۱۲	۰	۳۰۱	۰	۰
۱۴۰	۶۷۵۴۱	۰	۶۷۷۹	۰	۱۳۶۰	۱۵۴۱	۴۶۶۲	۱۴۷۸	۲۱۴۷۳	۶۲۹	۱۴۷۸۸	۰
۱۴۱	۱۶۵۹۵۴	۰	۵۰۳۶	۰	۲۵۵۱	۱۰۰۱۸	۳۲۴۲	۴۲۷۳	۰	۲۲۶۶	۱۹۱	۰
۱۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

نواحی ترافیکی	مسکونی	آموزش عالی	آموزشی	اداری - انتظامی	تجاری - خدمات	ورزشی	درمانی	فرهنگی و هنری	پارک و فضای سبز	مذهبی	تاسیسات شهری	تجهیزات شهری
۱۴۳	۱۰۴۴۰۱	۰	۱۷۹۲۹	۰	۱۰۶۷۹	۱۴۲۳۷	۵۸۲۵	۰	۱۱۷۱۸	۶۶۰۴	۳۲	۳۱
۱۴۴	۹۴۹۹۶	۰	۵۲۱۱	۳۹۵۶	۲۳۳۱۸	۴۲۲۳	۱۲۴۹	۲۸۸۴	۲۴۵۵۳	۳۱۳	۷۷۰	۲۱۴۶
۱۴۵	۴۵۹۱۲	۰	۰	۰	۲۶۸۷۶	۰	۰	۰	۰	۹۱۱	۰	۰
۱۴۶	۱۴۱۸۴۶	۰	۵۵۵۰	۵۱	۶۱۳۲	۰	۰	۳۹۸	۸۹۰	۳۶۹	۴۰	۰
۱۴۷	۱۸۲۷۵۰	۰	۲۶۴۸	۰	۱۱۷۳۴	۰	۰	۰	۳۵۱۲	۱۱۳۸	۹۹	۰
۱۴۸	۲۱۲۰۳۹	۰	۳۱۰۱	۰	۳۸۳۱	۰	۳۹۶۵	۰	۱۰۱۷	۱۶۶۰	۱۵	۱۹۸۹
۱۴۹	۱۴۵۷۴۸	۰	۱۷۶۲	۱۱۲	۴۷۷۱	۰	۰	۰	۱۸۵۵۱	۶۹۷	۶۲	۳۵۲۱۴
۱۵۰	۱۱۶۹۹۱	۰	۳۳۴۲۴	۲۲۹۲	۷۶	۲۵۱۸	۲۰۴۶	۱۱۷۸	۲۳۳۸	۹۹۱	۲۷	۰
۱۵۱	۲۲۶۵۹۴	۰	۶۰۳۲	۷۷۵۷	۲۹۱۱	۱۵۹۱۹	۳۰	۰	۲۳۵۴۳	۷۳۱	۱۰۵۶۹	۱۸۳۳
۱۵۲	۹۸۷۴۶	۰	۳۶۵۱	۱۴۳۰۸	۰	۱۲۰۵۴	۱۵۹۹	۷۶۲۳	۸۹۷۳	۲۱۵۱	۰	۸۰
۱۵۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۰۴۹۹	۰	۰	۰
۱۵۴	۰	۰	۰	۰	۶۶۸۲۱	۰	۰	۰	۵۰۸۳۴	۰	۰	۰
۱۵۵	۴۷۹۴۷	۰	۰	۱۰۷۵۶۰	۱۱۷۲۶۳	۰	۰	۰	۴۴۰۵۵	۳۵۷	۱۷۳	۰
مجموع (هکتار)	**۱۴۳۳**	**۲۰۹**	**۱۳۲**	**۸۰**	**۱۱۳**	**۶۲**	**۴۲**	**۲۵**	**۱۸۸**	**۱۴**	**۱۵**	**۱۹**

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۱	۶۹۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۹۰	۱۰۴۷	۱۹۱۴	۶
۲	۱۶۰۱	۰	۰	۱۶۴۰	۰	۰	۰	۱۶۳۰۴	۱۵۹۵	۹۵۷۵	۲۲
۳	۱۵۲۰	۰	۰	۳۳۸	۰	۰	۳۹۷	۳۰۱۲۵	۸۱۴۱	۱۰۷۸۶	۲۶
۴	۱۰۰۱	۰	۰	۱۳۲۵	۰	۰	۰	۳۱۴۶۳	۳۵۵۵	۱۶۵۳۹	۳۱
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۸۳۱	۰	۴۱۳۹	۱۲
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۲۲۵	۶۹۹	۵۶۳۱	۱۵
۷	۵۷۹	۰	۰	۶۴۳۵	۰	۰	۰	۱۵۲۰۷	۴۴۲۵	۷۵۰۳	۲۲
۸	۸۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۷۲۳	۵۰۵۹	۵۵۵۶	۲۱
۹	۰	۰	۰	۱۹۹۵۲	۰	۰	۰	۸۰۱۵	۱۸۴۷	۴۴۶۶	۱۲
۱۰	۷۹۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲۸۶	۱۱۸۹۷	۱۲۴۴۲	۱۷
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱۸۷۲	۵۱۰۶	۵۲۶۵	۲۰
۱۲	۹۷۱	۰	۰	۱۱۹۳	۰	۰	۰	۴۲۶۳۱	۵۶۵۱	۱۲۶۰۸	۴۹
۱۳	۳۷	۰	۰	۰	۰	۳۷۸	۰	۳۳۳۶۲	۴۰۷۲	۱۹۵۹	۳۰
۱۴	۱۲۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰۲	۱۳۹۳۱	۳۰۹۳	۴۹۱۶	۱۴
۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۹۶۵	۲۷۲۶	۱۴۴	۱۹
۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۷۸۹	۳۳۲۴	۳۵۸۱	۱۲
۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۸۶۱۱	۲۵۶۲	۳۴۲۳	۱۸
۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۸۹۲	۶۵۹۳	۲۷۳۶	۱۲

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۱۹	۲۱۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱۶۴۴	۷۴۱	۱۴۹۲	۲۳
۲۰	۲۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۷۱۰	۰	۸۴۵	۱۵
۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۶۵۲	۰	۳۳۲	۷
۲۲	۶۹۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۵۲۱	۳۰۳	۱۲۶۳۷	۲۲
۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۹۴۷	۱۷۶	۱۵۴۵	۱۰
۲۴	۰	۰	۰	۱۶۸	۰	۰	۰	۹۵۰۲	۰	۲۵۰۶	۱۱
۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۴۷۱	۱۹۹۶	۲۹۴۹	۱۲
۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۳۴۰	۱۸۱۹	۳۹۰۰	۲۰
۲۷	۴۲۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۰۵۲۸	۸۸۰۵	۹۸۱۲	۳۸
۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۵۹۱	۴۲۰۳	۲۹۴۰	۱۷
۲۹	۱۱۹۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۷۹۲	۱۵۲۹۰	۱۸۴۹	۱۷
۳۰	۶۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۷۶۰۸	۷۹۷۸	۵۱۵۸	۴۰
۳۱	۰	۰	۱۳۷۶	۰	۰	۰	۰	۴۶۱۷۰	۷۳۹	۸۸۴۶	۴۰
۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۱۴۵۳	۱۳۲۹۷	۶۹۷۶	۲۶
۳۳	۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۷۴۵	۳۴۴۱	۲۷۲	۱۳
۳۴	۱۲۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۹۶۲۱	۳۹۰۴	۱۰۸۳۱	۳۶
۳۵	۱۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۴۰۵	۴۷۱	۶۱۸۲۳	۱۷
۳۶	۱۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۰۸۵۸	۳۹۱۸	۴۶۱۸۱	۳۱

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۳۷	۳۰۸۸۴	۰	۰	۰	۰	۸۱۰	۰	۱۷۹۲۲	۱۱۹۸۷	۳۴۷۰	۲۱
۳۸	۲۱۴۳۶	۰	۰	۰	۰	۲۲۸۱۱	۰	۳۹۱۶۲	۱۵۱۸۶	۸۲۷۰	۳۲
۳۹	۱۶۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۸۰۱	۳۶۹۳	۳۶۱۵	۲۳
۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷۷۶۵	۸۳۰	۱۶۸۶	۱۷
۴۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۹۱۷	۹۴۹	۱۳۵۳	۱۵
۴۲	۸۳۳۵۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۵۷۸	۳۱۰۱	۱۱
۴۳	۱۱۳۷۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۷۶۷	۲۰۱۸۳	۸۲۲۲	۱۵
۴۴	۵۸۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۴۱	۷۳۴۹	۵۰۲	۴
۴۵	۸۴۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۲۶۸	۱۲۴۶۳	۱۷۶۷	۸
۴۶	۴۹۴۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۱۰۵	۸۴۷۳	۴۰۲۴	۱۵
۴۷	۴۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۸۲۲	۶۳۹	۴۹۶۴	۲۲
۴۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۰
۴۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۹۳۵	۰	۱۰۱۵	۱۰
۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۹۱۱	۱۵۰۹	۱۰۷۶۷	۱۶
۵۱	۰	۱۵۴۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۱۴۰	۱۷۰۱	۵۸۴۶	۱۱
۵۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۹۶۷	۰	۵۸۹۸	۵
۵۳	۴۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۵۷۳۷	۳۹۲	۴۰۹۶	۱۴
۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۲۸۷	۲۰۳	۱۵۳۶	۷

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰۱۰	۶۳۴	۷۵۵۵	۱۰
۵۶	۵۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۴۲۴	۱۶۱	۷۶۷۷	۱۶
۵۷	۲۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷۵۲۱	۶۶۵	۱۶۳۶۱	۲۲
۵۸	۱۴۳۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵۲۷۱	۲۵۳	۱۸۵۰۱	۲۶
۵۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۸۴۹۶	۸۷۱	۱۷۸۴۴	۲۴
۶۰	۴۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۵۷۳۵	۶۸	۱۳۸۲۵	۲۵
۶۱	۱۸۸۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۳۹۹۰	۲۴۳۱	۱۹۶۸۰	۳۳
۶۲	۷۰۳۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۱۵۶	۴۰۶۰	۱۰۰۴۴	۱۶
۶۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱
۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۵۲۱	۴۱۷	۳۷۱۲۵	۱۵
۶۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷۱۹۵	۶۲۶	۱۹۴۳۶	۱۵
۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۸۷۴۷	۰	۹۱۳۳	۱۷
۶۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۳۹۱	۴۶۵۰	۳۱۱۳	۱۲
۶۹	۳۴۱	۰	۰	۰	۰	۰	۳۸۵	۳۲۳۹۰	۴۵۲۸	۵۰۰۹	۲۱
۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۹۵۱۷	۴۴۲۴	۳۰۳۳	۲۱
۷۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱۷۸۷	۷۳۰	۵۰۰۹	۱۵
۷۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۶۱۵	۶۵۸	۳۵۸۷	۱۰

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷۲۹۰	۱۹۸	۱۲۴۲	۱۴
۷۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۹۰۸۹	۰	۲۵۶۶	۷
۷۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۷۶۸	۲۳۹۹	۵۴۲	۶
۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲۹۱	۴۹۳	۲۷۱۶	۱۱
۷۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷۸۲	۰	۴۸۵۲۳	۷
۷۸	۱۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۸۹۶۱	۱۵۷۰۷	۶۱۵۱	۳۳
۷۹	۹۴۸	۰	۱۶۳۲۷	۰	۰	۰	۰	۳۹۰۵۰	۴۳۹۷	۴۰۲۸	۲۹
۸۰	۱۸۷۸	۰	۸۴۲۹	۰	۰	۰	۰	۲۸۹۲۶	۵۰۶۳	۲۹۷۱	۲۲
۸۱	۰	۰	۰	۰	۶۶۳۴۳	۰	۰	۲۸۲۶۵	۴۰۴۴	۱۶۴۴	۳۲
۸۲	۰	۰	۸۷۸۵۰	۸۲۵	۲۹۱۱۷	۰	۰	۵۰۴۹	۵۸۹	۰	۱۹
۸۳	۴۶	۴۵۸۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۱	۰	۷۶۴۴	۱۳
۸۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸۵	۶۶۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۷۹۱	۵۷۵	۳۳۷۹	۱۵
۸۶	۰	۸۵۱۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۳۵۴	۰	۴۸۹۱	۲۱
۸۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۹۴۷	۱۳۰۲	۱۷۹۲	۲۶
۸۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۲۴۱	۱۰۳۴	۵۲۶	۱۹
۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱۵۵۵	۴۷۱	۳۴۰۰	۲۳
۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۰۶۵۱	۲۹۰۸	۱۲۸۳۶	۲۸

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۹۱	۲۹۶۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۴۲۸۹	۳۲۷۷	۱۲۳۶۱	۲۹
۹۲	۲۳۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۵۱۰۵	۳۶۳۱	۱۶۱۲	۱۹
۹۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲۱۸۸۰	۳۴
۹۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۶۵۱	۱۶۰	۳۱۹۹۰۳	۴۵
۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۲۹۱۶۰	۵۰
۹۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲۷۲	۰	۱۲۰۵۴۴	۲۴
۹۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۰۷۰۷	۳۴
۹۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۵۲	۹۹۲۴	۲۳۱	۲۰۱۳۹	۱۰۴
۹۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۱۱۶	۰	۴۵۵۶۸	۱۲
۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۰
۱۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۴۳۴	۰	۲۷۱۵۴	۹
۱۰۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۸۴۸۲	۳۶۸	۱۹۸۳۶۳	۴۶
۱۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۲	۰	۲۲۸۸۵۴	۲۸
۱۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷۹۰۰	۰	۳۷۲۲۰۶	۵۸
۱۰۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۴۴	۱۰۱۷	۱۱۱۳۵۶	۲۴
۱۰۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۶	۰	۳۲۴۸۷۰	۵۴
۱۰۸	۰	۰	۵۵۴۱	۰	۰	۲۸۸۶۷	۹۶۴۲	۳۱۹	۶۲۲۳	۱۰۹۴۳۴	۲۴

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۲۳۵۱۲۱	۰	۲۸۰۲۶	۰	۰	۱۶۰۲۱۲	۱۰۲
۱۱۰	۴۸۵۷	۰	۰	۰	۰	۳۶۲۹۹	۰	۷۴۶۶	۱۵۵۶	۱۷۴۸۰۷	۳۰
۱۱۱	۲۳۱۱	۰	۷۸۱	۰	۰	۲۲۷۰۱	۱۲۰۶	۲۲۸۷	۲۸۴۲	۱۶۰۳۱	۱۱
۱۱۲	۰	۰	۲۷۰۴۷۲	۰	۰	۵۵۲۰۴	۰	۰	۲۲۹۱۲	۷۰۷۱۷	۴۳
۱۱۳	۰	۰	۲۴۱۲	۰	۰	۰	۰	۱۰۹۴۵	۱۳۸۴	۵۵۹۶۱	۲۹
۱۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۶۱۲	۴۰۸	۷۸۲۲۴	۱۹
۱۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲۰۶	۴۲۴	۶۸۰۶۱	۱۳
۱۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۹۱	۰	۱۴۹۰۹۳	۲۲
۱۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۸۷۷	۰	۳۳۰۹	۱۲
۱۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۹۹۲	۲۰۹	۲۹۴۳	۱۶
۱۱۹	۵۶۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۵۴۹	۴۷۳	۲۲۳۴۱	۱۷
۱۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱۸۲۸	۱۰۶۰	۱۵۲۷۳	۲۳
۱۲۱	۶۱۵۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۸۴۷	۴۶۸	۵۲۲۷۶	۱۵
۱۲۲	۱۰۰۷	۰	۱۷۴۸	۰	۰	۲۵۵	۰	۲۴۵۲۵	۶۲۶۴	۳۲۱۱۶	۲۴
۱۲۳	۳۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۰۲۰	۱۲۰۶	۱۶۹۶۸	۲۰
۱۲۴	۷۳۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷۹۰۸	۴۹۷۰	۳۵۲۵۵	۲۲
۱۲۵	۱۴۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱۱۱۲	۲۵۵۱	۴۳۲۶۶	۱۸
۱۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۳۷۸	۱۶۰۴	۱۷۳۸۵	۱۳

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۱۲۷	۱۴۰	۰	۱۴۷	۰	۰	۰	۰	۱۰۸۴۳	۱۷۹۲	۷۷۱۸	۱۸
۱۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۹۶۲	۱۵۶۶	۲۱۲۸	۵
۱۲۹	۰	۰	۷۹۵	۰	۰	۰	۰	۱۲۷۹۰	۴۱۲۹	۲۳۰۸۲	۲۱
۱۳۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵۵۳۹	۹۱۸	۱۶۳۷۱	۱۵
۱۳۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۶۷۶۶	۱۷۵۱	۱۸۷۳۹	۳۳
۱۳۲	۱۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۷۵۶	۳۵۹	۴۶۶۹	۷
۱۳۳	۱۱۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۰۸۰۶	۱۹۹۹	۲۰۶۲۸	۴۱
۱۳۴	۱۰۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲۳۴۹	۴۵۶	۹۷۲۱	۱۷
۱۳۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۸۱۵۰	۳۵۲۴	۵۶۷۵	۲۸
۱۳۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۷۰۳۰	۱۶۴۶	۶۹۷۲	۲۱
۱۳۷	۲۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵۵۷۹	۱۵۲	۷۷۸۸	۱۴
۱۳۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۲۳۰	۱۹۹	۴۷۵۱	۱۱
۱۳۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۱۸	۰	۱۴۲۶	۲
۱۴۰	۱۶۵۲	۰	۰	۰	۰	۱۰۷۹	۰	۱۹۶۵۳	۱۷۴۳	۱۳۰۷۴	۲۱
۱۴۱	۳۹۳۲	۰	۲۶۹۲	۰	۰	۰	۰	۴۵۱۹۳	۱۵۵۷	۶۹۲۹۱	۳۳
۱۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۴۳	۱۷۵۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱۱۳۹	۱۸۲۰	۱۵۲۴۴۹	۳۵
۱۴۴	۳۰۲۱۰	۰	۰	۰	۰	۵۴۹۵	۰	۲۶۸۹۹	۱۴۷۰۰	۱۵۰۳۲	۲۶

نواحی ترافیکی	حمل و نقل و انبارداری	نظامی	باغات و کشاورزی	میراث تاریخی	طبیعی	صنعتی	تفریحی و توریستی	مسکونی - تجاری	مختلط	بایر	کل ناحیه (هکتار)
۱۴۵	۲۴۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۶۷۹	۴۲۴	۱۴۹۰۵	۱۰
۱۴۶	۲۲۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۹۸۴	۲۱۹۷	۱۵۸۴۷	۲۰
۱۴۷	۲۲۶۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۵۸۵۶	۴۱۵۰	۹۲۸۶	۲۸
۱۴۸	۱۶۵۶	۳۲	۱۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۸۵۸۵	۱۷۲۸	۲۲۱۵۱	۳۰
۱۴۹	۱۰۹۷	۱۵۳۱	۴۹۹۱	۲۰۳۷۵	۰	۰	۰	۲۰۴۴۲	۳۳۲۷	۱۹۰۱۴	۲۸
۱۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۲۷۲	۱۵۵۷	۱۳۰۵۴	۲۱
۱۵۱	۴۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۴۳۲۱	۷۸۶۰	۹۲۰۵	۳۶
۱۵۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۶۴۸۱	۷۹۰۵	۸۷۹۶	۱۹
۱۵۳	۰	۰	۵۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۱۱۲	۱۵۵۸۵۷	۲۲
۱۵۴	۲۲۰۸۷	۰	۲۶	۰	۵۰۱۷۸	۰	۰	۰	۵۶۵۹۹	۱۵۶۱	۲۵
۱۵۵	۱۵۶۲۱	۲۶۸۸۵	۰	۰	۰	۰	۰	۴۸۰۵	۱۱۴۵۱	۱۷۱۷۰	۴۰
مجموع (هکتار)	۳۲	۱۶	۴۰	۵	۳۸	۱۷	۴	۲۷۸	۵۰	۵۰۴	۳۴۰۱

۲-۱-۳- پیش‌بینی جمعیت

پیش‌بینی جمعیت فرایندی علمی برای برآورد تعداد و ساختار سنی _ جنسی جمعیت در سال‌های آینده است که بر پایه سه مؤلفه اصلی تولد، مرگ‌ومیر و مهاجرت انجام می‌شود. در مطالعات شهری و حمل‌ونقل معمولاً از روش کوهورت استفاده می‌شود که در آن جمعیت بر اساس گروه‌های سنی و جنسی تقسیم شده و در بازه‌های زمانی مشخص (معمولاً ۵ساله) به جلو منتقل می‌شود. در این روش، کوهورت‌های سنی با درنظرگرفتن ضرایب بقا و مهاجرت به گروه سنی بالاتر منتقل می‌شوند و گروه سنی صفر بر اساس باروری زنان در سنین بارور محاسبه می‌گردد. برای افزایش دقت، جمعیت سال پایه با استفاده از ضرایب تصحیح منطبق با داده‌های مشاهده‌شده تعدیل می‌شود. این رویکرد به دلیل حفظ ساختار سنی جمعیت، دقیق‌ترین و معتبرترین روش پیش‌بینی جمعیت در مطالعات برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود.

یکی از موضوعات مهم در مطالعات حمل‌ونقل، بررسی جمعیت است. جمعیت نواحی ترافیکی یکی از مهم‌ترین متغیرهای مورداستفاده در مدل‌سازی تقاضای سفر است که بر میزان تولید سفرها در هر ناحیه تأثیرگذار است. متغیر جمعیت، در واقع متأثر از سیاست‌ها و عوامل مختلفی است و ضروری است در مطالعات جداگانه برآورد شود، اما در اغلب مطالعات حمل‌ونقل برآورد جمعیت در سطح نواحی ترافیکی انجام می‌شود. مبنای اغلب روش‌های برآورد جمعیت، روند تغییرات آن درگذشته است. بر اساس توصیه دستورالعمل مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری و حومه (ضابطه شماره ۸۰۱)، جمعیت شهر در سال‌های افق بر اساس روش هرم سنی (کوهرت[۱]) که نرخ زادوولد، نرخ مرگ‌ومیر و نرخ مهاجرت را در نظر می‌گیرد، محاسبه و بر اساس جمعیت مصوب در طرح توسعه و عمران شهری، نرخ‌های مذکور تعدیل شود؛ بنابراین در این بخش از مطالعات، از روش کوهرت برای برآورد جمعیت در سال پایه (۱۴۰۲)، افق کوتاه‌مدت (۱۴۰۷)، افق میان‌مدت (۱۴۱۲) و افق بلندمدت (۱۴۱۷) استفاده شده است. در ادامه سایر روش‌ها به‌اختصار توضیح داده خواهد شد.

۱-۲-۱-۳- روش‌های موجود برای پیش‌بینی جمعیت شهرها

در این بخش، برخی از روش‌های موجود برای پیش‌بینی جمعیت شهرها ارائه شده است. تعدادی از این روش‌ها در مطالعات انجام‌شده در سطح کشور به کار گرفته شده‌اند، درحالی‌که برخی دیگر تاکنون سابقه استفاده در داخل کشور را نداشته‌اند.

روش شماره ۱: این روش نوعی مدل رشد جمعیت است که الگوریتم آن بر پایه تقسیم نواحی ترافیکی شهر به گروه‌های جمعیتی همگن طراحی شده است؛ به‌گونه‌ای که فرض می‌شود نواحی دارای جمعیت مشابه، از نظر تغییرات و نوسانات

[۱] Cohert-Component Method

جمعیتی نیز رفتار نسبتاً یکسانی دارند. در این رویکرد، برآورد رشد جمعیت نواحی ترافیکی با استفاده از تعیین حداقل و حداکثر نرخ رشد سالانه گروه‌های جمعیتی و بر مبنای فرض‌های منطقی انجام می‌گیرد.

براین‌اساس، چنانچه نرخ رشد جمعیت هر ناحیه در یک گروه جمعیتی میان مقادیر حداقلی و حداکثری آن گروه قرار گیرد، با افزایش جمعیت، نرخ رشد ناحیه به‌صورت موقت در همان بازه حفظ می‌شود. به بیان دیگر، نسبت فاصله نرخ رشد واقعی از حد بالایی، به دامنه تغییرات نرخ رشد گروه جمعیتی، مقداری ثابت در نظر گرفته می‌شود.

$$\frac{\left(r(j) - r_{max(j)}\right)}{\left(r_{max(j)} - r_{min(j)}\right)} = C \quad , \ \forall j \in \{\text{گروه های جمعیتی}\}$$

j: شاخص گروه جمعیتی یا گروه نواحی همگن از نظر رشد جمعیت

$r\ (j)$: نرخ رشد سالانه واقعی ناحیه ترافیکی موردنظر در گروه جمعیتی j

$r\ (max)$: بیشترین نرخ رشد سالانه مشاهده شده در گروه جمعیتی j

$r\ (min)$: کمترین نرخ رشد سالانه مشاهده شده در گروه جمعیتی j

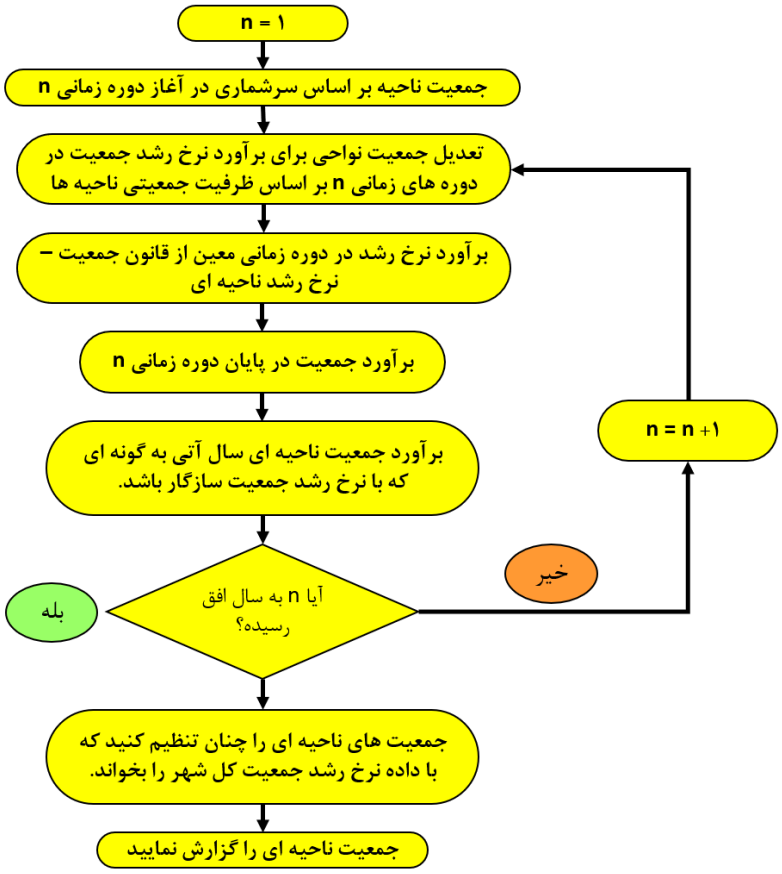
C : عدد ثابت

در این روش فرض می‌شود رفتار جمعیتی هر ناحیه نسبت به گروه جمعیتی‌ای که در آن قرار می‌گیرد ثابت و قابل‌تعمیم است. به این معنا که اگر ناحیه‌ای در یک گروه جمعیتی دارای وضعیت حدی (حداقل یا حداکثر رشد) باشد، در صورت قرارگرفتن در گروه‌های جمعیتی دیگر نیز همان جایگاه نسبی را حفظ می‌کند. همچنین اگر یک ناحیه از نظر رشد جمعیت رفتاری نزدیک به میانگین گروه خود داشته باشد، در سایر گروه‌ها نیز رفتار مشابهی خواهد داشت.

با افزایش یا کاهش جمعیت نواحی ترافیکی و انتقال آن‌ها میان گروه‌های جمعیتی مختلف، نرخ رشد جمعیت این نواحی تغییر می‌کند؛ اما این تغییر به‌گونه‌ای انجام می‌شود که جایگاه نسبی نرخ رشد هر ناحیه در بازه حداقل تا حداکثر نرخ رشد گروه جدید حفظ شود.

براین‌اساس، با دانستن جمعیت نواحی در ابتدای دوره و محاسبه نرخ رشد سالانه متناسب با گروه جمعیتی، می‌توان جمعیت نواحی مختلف را در پایان دوره زمانی موردنظر به طور منطقی و سازگار برآورد کرد.

مفهوم رابطه بالا آن است که نسبت فاصله نرخ رشد واقعی ناحیه $r\ (j)$ از حداکثر نرخ رشد گروه $r_{max}\ (j)$ به دامنه تغییرات نرخ رشد گروه $r_{max}\ (j)$-$r_{min}\ (j)$ در طول زمان ثابت باقی می‌ماند؛ بنابراین، اگر به دلیل افزایش یا کاهش جمعیت، ناحیه‌ای از یک گروه جمعیتی به گروه دیگری منتقل شود، نرخ رشد سالانه جدید آن به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که همان موقعیت نسبی را در بازه $[r_{min}, r_{max}]$ گروه جدید حفظ کند. با استفاده از این نرخ رشد و جمعیت اولیه، می‌توان جمعیت نواحی مختلف را در پایان دوره زمانی موردنظر برآورد کرد.



شکل ۳-۱ : الگوریتم روش شماره ۱ برای برآورد جمعیت نواحی ترافیکی

در این مدل برآورد جمعیت ناحیه‌ای شهر اردبیل، با رویکردی علمی و مبتنی بر اصول مدل‌سازی جمعیت، ابتدا جمعیت پایه هر ناحیه بر اساس داده‌های رسمی سرشماری تعیین می‌شود. سپس باتوجه‌به ظرفیت جمعیتی نواحی، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، نرخ تولد، مرگ و مهاجرت، نرخ رشد ناحیه‌ای در بازه‌های زمانی مشخص برآورد می‌گردد. این نرخ رشد بر مبنای (قانون رشد جمعیت) و با فرض رفتار مشابه نواحی دارای ساختار جمعیتی همسان محاسبه می‌شود، به‌گونه‌ای که نواحی با جمعیت مشابه در گروه‌های جمعیتی مشخص، رفتار رشدی نسبتاً یکسانی دارند و تغییرات نرخ رشد آن‌ها در محدوده حداقل و حداکثر مقادیر گروه ثابت فرض می‌شود. فرمول اصلی پیش‌بینی جمعیت در دوره زمانی n به‌صورت $P_{(t+1)} = P_t + B - D + I - E$ بیان می‌شود، که در آن P_t جمعیت اولیه، B تعداد تولدها، D تعداد مرگ‌ها، I مهاجرت‌های ورودی و E مهاجرت‌های خروجی است. روند محاسبات به‌صورت تکرارشونده تا رسیدن به سال افق ادامه یافته و در هر گام جمعیت ناحیه‌ای به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که مجموع جمعیت نواحی با نرخ رشد کل شهر سازگار شود. این الگوریتم ریاضی ـ تحلیلی، از ترکیب داده‌های تجربی و روابط منطقی جمعیت‌پویایی، چارچوبی سیستماتیک برای تخمین دقیق جمعیت آینده نواحی اردبیل ارائه می‌دهد که مبنای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و توسعه شهری در سال‌های آتی است.

گام ۱: محاسبات برآورد رشد جمعیت ناحیه i

الف) محاسبه ضریب تعدیل و مرزهای نرخ رشد

$$f_i = \begin{cases} \frac{K\bar{C}}{C_i} & \text{اگر } i \in M \\ ۱ & \text{وگرنه} \end{cases}$$

$$\tilde{P}_i^{n-۱} = P_i^{n-۱}.(Min\{f_i, ۱\}$$

$$r_{min}^{n-۱,n} = R^{min}(\tilde{P}_i^{n-۱})$$

$$r_{max}^{n-۱,n} = R^{max}(\tilde{P}_i^{n-۱})$$

$$\tilde{P}_i^{n} = P_i^{n}.(Min\{f_i, ۱\}$$

$$r_{min}^{n+۱} = R^{min}(\tilde{P}_i^{n})$$

$$r_{max}^{n+۱} = R^{min}(\tilde{P}_i^{n})$$

ب) نرخ رشد دوره زمانی[$n-۱, n$) در هر ناحیه

$$r_i^{n-۱,n} = (\frac{P_i^n}{P_i^{n-۱}})^{\frac{۱}{m}} - ۱$$

$$r_i^{n,n+۱} = r_{min}^{n+۱,n} + \frac{r_{max}^{n+۱,n} - r_{min}^{n+۱,n}}{r_{max}^{n-۱,n} - r_{min}^{n-۱,n}}(r_i^{n-۱,n} - r_{min}^{n-۱,n})$$

$$r_i^{n,n+۱} = Max\left\{r_{min}^{n+۱,n}, Min\{r_i^{n,n+۱}, r_{max}^{n+۱,n}\}\right\}$$

پ) رشد جمعیت ناحیه i را به شرح زیر به دست آورید:

$$dP_i^{n,n+۱} = P_i^n.[(۱ + r_i^{n,n+۱})^m - ۱]$$

$$\Delta P_i^{n,n+۱} = \begin{cases} ۰ & \text{اگر } dP_i^{n,n+۱} > ۰, P_i^n \geq C_i, i \in M \\ C_i - P_i^n & \text{اگر } dP_i^{n,n+۱} > ۰, P_i^n \geq C_i, \ i \in M \\ dP_i^{n,n+۱} & \text{وگرنه} \end{cases}$$

ت) اگر $n < N$، $n = n + ۱$ و محاسبات این گام را تکرار کنید. در غیر این صورت بازگشت به گام ۲.

گام ۲: محاسبه جمعیت سال

الف) مقدار رشد جمعیت ناحیه‌ها را چنان تنظیم کنید که نرخ رشد جمعیت تعیین شده برای کل شهر را در دوره زمانی موردنظر به دست آورد.

$$\Delta P_i^{n,n+1} = \begin{cases} \Delta P_i^{n,n+1} . \dfrac{(\sum_{i=1}^{N} P_i^n).[(1+r^{n,n+1})^m - 1] + \Delta P^-}{\Delta P^+} & \text{اگر } \Delta P_i^{n,n+1} > 0 \\ \Delta P_i^{n,n+1} & \text{وگرنه} \end{cases}$$

که در آن ΔP^+ و ΔP^- به ترتیب مجموع تغییرات جمعیت ناحیه هایی هستند که تغییرات جمعیت آنها مثبت و منفی بوده است. همچنین $r^{n,n+1}$ نرخ رشد جمعیت برای کل شهر است که در طول زمان ثابت در نظر گرفته شده است.

ب) جمعیت نواحی در زمان $n+1$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_i^{n+1} = P_i^n + \Delta P_i^{n,n+1}$$

گام ۳: اطلاعات لازم را گردآوری کنید.

در این گام نرخ رشد جمعیت در دوره زمانی موردنظر، جمعیت‌های ناحیه‌ای در دو یا سه دوره زمانی پیشین و ظرفیت‌های جمعیتی نواحی موردمطالعه معلوم و داده شده هستند.

یکی از ویژگی‌های این روش، اعمال ضریب تعدیل جمعیتی (f) است. این ضریب عاملی است برای کاهش جمعیت که منجر به افزایش نرخ رشد آن خواهد شد. ضریب معیار تعدیل جمعیتی (K) با استفاده از آزمون‌وخطا و تحلیل نتایج به دست می‌آید و برای نمونه در مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد مساوی ۱/۵ در نظر گرفته شده است. یعنی اگر ظرفیت جمعیت ناحیه‌ای (Ci) بیش از ۱/۵ برابر میانگین ظرفیت جمعیت ناحیه‌ای ($\bar{C}$) در شهر باشد (که البته یک مقدار ثابت برای تمام نواحی است)، نسبت $K\bar{C}/C_i$ کمتر از ۱/۰ خواهد شد. از آنجا که این ضریب در جمعیت ناحیه ضرب شده و مقدار این حاصل‌ضرب برای تعیین حدود نرخ رشد استفاده می‌شود، نرخ رشد جمعیت بیش از مقدار مورد انتظار آن محاسبه می‌شود. این افزایش نرخ رشد با ظرفیت بیش از حد متعارف ناحیه مورد نظر سازگاری دارد.

در بخش (الف) گام ۳، تعدیل جمعیت پایه شده صورت‌گرفته و مرزهای بالا و پایین نرخ رشد آن (قانون جمعیت–نرخ رشد) به دست آورده می‌شود. با فرض حفظ جایگاه نرخ رشد جمعیت ناحیه موردنظر نسبت به مقادیر کمینه و بیشینه گروه خود در دوره زمانی پیشین و داشتن مقادیر کمینه و بیشینه این نرخ در دوره زمانی جدید، برآوردی از نرخ رشد جمعیت ناحیه موردنظر در دوره زمانی جدید مطابق محاسبات بخش (ب) گام ۴ قابل‌دستیابی است. چون مرزهای بالا و پایین نرخ رشد در نمودار حدود بالا و پایین شدن ارقام به‌دست‌آمده، ممکن است نرخ‌های رشد ناحیه‌ای در دوره زمانی پیشین از مرزهای صاف شده نظیر خود تجاوز کند و ازاین‌رو همین مسئله برای دوره زمانی بعد هم روی دهد. برای جلوگیری از این امر، پس از برآورد نرخ رشد جمعیت در ناحیه موردنظر در دوره زمانی بعد، اگر این نرخ از مرزهای خود تجاوز نموده باشد، مقدار این نرخ برابر مقدار نرخ مرز مربوطه قرار داده می‌شود.

در بخش (پ) گام ۱ روش برآورد جمعیت ناحیه ای، میزان رشد جمعیت ناحیه در دوره زمانی بعد (dP) محاسبه می شود. اگر ناحیه مورد نظر دارای جمعیتی بیش از ظرفیت جمعیتی خود باشد، رشد جمعیت در آن صفر در نظر گرفته می شود، و اگر جمعیت موجود ناحیه همراه با نرخ رشد آن از این ظرفیت تجاوز نماید، میزان رشد جمعیت تا سطح ظرفیت جمعیتی ناحیه پایین آورده می شود. در غیر این صورت، جمعیت ناحیه در دوره زمانی بعد متناسب با نرخ رشد تعیین شده افزایش می یابد.

محاسبات بخش‌های مختلف گام ۱ برای همه ناحیه‌های درونی محدوده موردمطالعه انجام می‌شود. در گام ۲، جمعیت‌های ناحیه‌ای چنان تنظیم و تصحیح می‌شوند که رشد جمعیت در کل شهر در دوره زمانی موردنظر در صورت اعمال نرخ رشد ثابت، با مجموع جمعیت نواحی هماهنگ شود. در این تنظیم، تنها ناحیه‌هایی که دارای نرخ رشد مثبت هستند دخالت داده می‌شوند. این امر به این دلیل است که نرخ‌های رشد منفی در ناحیه‌هایی که در مرکز شهر در حال ازدست‌دادن جمعیت هستند در گروه‌های مختلف دارای ثبات خاصی هستند و ازاین‌رو بر درستی آن‌ها کم‌وبیش می‌توان اعتماد بیشتری داشت. توجه به نکات زیر در مورد این روش ضروری است:

- گروه‌های جمعیتی محدودی در حدود ۱۵ گروه برای دسته‌بندی نواحی ترافیکی به کار گرفته می‌شوند.
- یکی از معایب این روش، دسته‌بندی نواحی بر اساس جمعیت سال پایه است. به‌عنوان‌مثال درصورتی‌که ناحیه‌ای با تراکم اندک و ناحیه‌ای با تراکم در حد اشباع دارای جمعیت یکسان در سال پایه باشند، نرخ رشد اعمال‌شده بر آن‌ها یکسان خواهد بود. البته ضریب (تجربی) تعدیل جمعیتی (K) برای درنظرگرفتن این مشکل اعمال شده است.
- مقادیر نرخ رشد مؤثر در هر گروه جمعیتی، مقادیر حداقل و حداکثر نرخ رشد نواحی ترافیکی موجود در آن گروه جمعیتی است.
- این روش صرفاً بر اساس نرخ رشد جمعیت در دوره‌های پیشین بوده و جزئیاتی مانند نرخ تولد، مرگ، ازدواج و غیره را در برنخواهد داشت.

روش شماره ۲: این روش، نسخه اصلاح‌شده روش شماره ۱ است که با هدف هماهنگ‌سازی رشد جمعیت نواحی با رشد جمعیت کل شهر ارائه شده است. در این روش، به‌جای استفاده از نرخ رشد ثابت، از مدل رشد لجستیکی برای تعیین نرخ رشد جمعیت کل شهر استفاده می‌شود. در مدل لجستیکی، رشد جمعیت به ظرفیت جمعیتی شهر وابسته است و با نزدیک شدن جمعیت به سطح اشباع، نرخ رشد کاهش می‌یابد. به همین دلیل، رفتار رشد نواحی تابعی از نسبت جمعیت به ظرفیت بوده و واقع‌بینانه‌تر از روش شماره ۱ مدل‌سازی می‌شود.

شکل کلی مدل رشد لجستیکی به‌صورت زیر است:

$$y_t = \frac{L}{۱ + ae^{-bt}}$$

y_t: جمعیت شهر در زمان t

L : ظرفیت نهایی جمعیت شهر

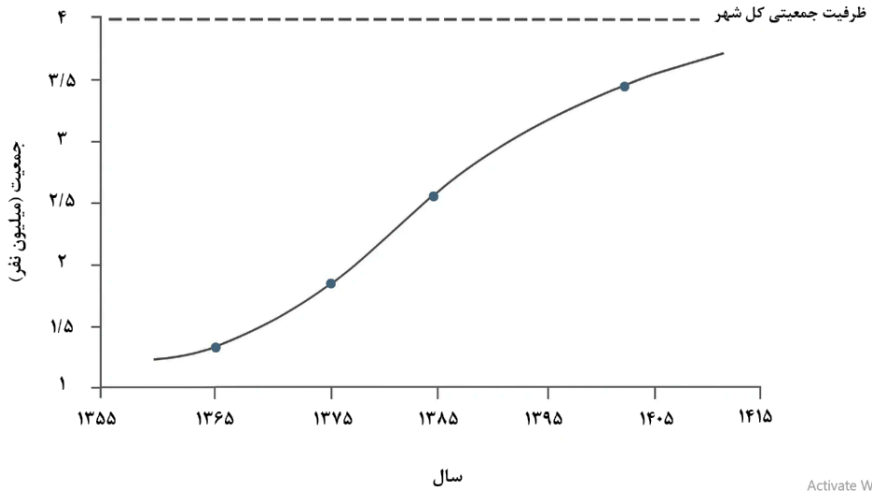
a : پارامتر تنظیم مقدار اولیه منحنی

b : پارامتر نرخ رشد

e : عدد نپر

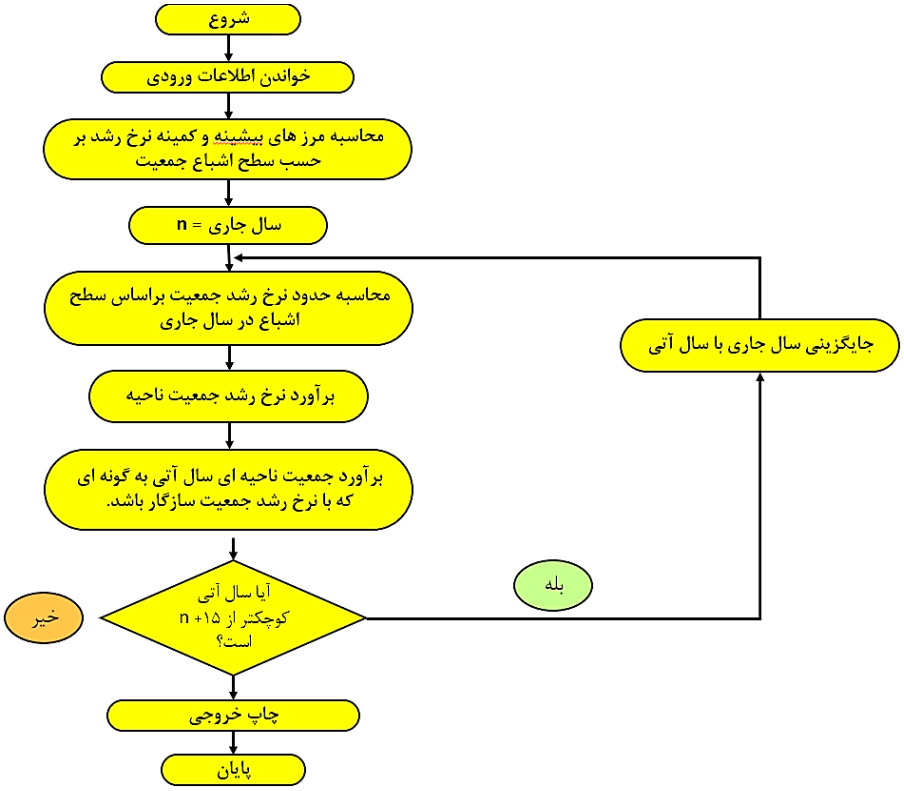
t : زمان

الگوریتم برآورد جمعیت در این روش در شکل ۳-۱ نمایش داده شده است. سایر جزئیات مشابه روش شماره ۱ است.



شکل ۳-۲ : شکل نمایش منحنی لجستیکی (S شکل)

روش شماره ۳ (سری زمانی) : در این روش پیش‌بینی جمعیت با استفاده از سری‌های زمانی انجام می‌شود. روش‌های پیش‌بینی وضعیت خانوار وابسته به زمان یکی از کامل‌ترین روش‌های پیش‌بینی جمعیت است. در این روش‌ها وقوع رخدادها و تغییرات محتمل برای خانوار نسبت به مجموعه‌ای از اشخاص مرجع در دوره‌های زمانی مختلف انجام می‌شود. در واقع این روش تخمینی از وضعیت فرد و خانوار به دست می‌دهد. همچنین این روش تغییرات اشخاص و خانوارها و همچنین نحوه توزیع این تغییرات را به دست می‌دهد.



شکل ۳-۳ : شکل الگوریتم روش شماره ۳ برای برآورد جمعیت

اما از معایب روش‌های شبیه‌سازی، پیچیدگی و نیاز آن‌ها به اطلاعات زیادی از نحوه تغییرات در خانوار است. به‌عنوان‌مثال احتمال انتقال خانوادگی شامل یک زوج و بیش از دو فرزند به خانواده‌ای با یکی از والدین و کمتر از دو فرزند، نیاز به نرخ طلاق، نرخ مرگ یکی از همسران، نرخ تولد و نرخ ترک خانه فرزندان دارد. اعمال هم‌زمان این تغییرات برای یافتن ساختار خانوار در دوره‌های زمانی مختلف پیچیده است.

گروهی از اشخاص که دارای ویژگی‌های زندگی مشترکی هستند، واحدهای پایه برای پیش‌بینی جمعیت را تشکیل می‌دهند. مجموعه ویژگی‌های پیشنهادی در جدول ۳-۱ آورده شده است و باید افراد مورد بررسی (که در واقع نمونه‌ای از کل جامعه هستند) حسب این ویژگی‌ها رده‌بندی شوند.

جدول ۳-۳ : ویژگی‌های رایج برای رده‌بندی افراد به همراه وضعیت‌های ممکن

ویژگی	وضعیت
سن	از ۰ تا بالاترین سن (که البته می تواند به صورت رده های سنی نیز به کار گرفته شود.)
جنسیت	مرد، زن
تأهل	مجرد، متأهل، مطلقه و یا فوت یکی از زوجین
زندگی با والدین	زندگی بدون آن‌ها، زندگی با یکی و یا زندگی با هر دو
فرزندان	از صفر تا حداکثر فرزند

البته به این مجموعه می‌توان مواردی چون منطقه شهری و یا حاشیه‌ای، وضعیت رفاهی و غیره را اضافه نمود. اساس این روش‌ها بر این مبنا است که درصورتی‌که $l_i\ (x,t)$ نشان‌دهنده تعداد افراد در سن x در وضعیت i (که شامل برداری از ترکیب ویژگی‌های خاص است: ..... l.....۲،۱$=i$) در سال t باشد و $P_{ij}\ (x,t)$ احتمال انتقال شخص از وضعیت i در سال t به وضعیت j در سال $t+$۱ باشد تعداد افراد در دوره زمانی بعدی از رابطهٔ زیر حساب می‌شود:

$$l_i(x+۱,t+۱)=\sum_{i=۱}^{l} l_i(x,t)p_{ij}(x,t)$$

در واقع ماتریس $pij\ (x,t)$ یک ماتریس $l\times l$ است. این راه‌حل ساده‌ترین نوع برخورد برای پیش‌بینی وضعیت خانوار در آینده است. یکی از دشواری‌های این روش پیچیدگی ماتریس p است. به‌عنوان‌مثال درصورتی‌که ۴ وضعیت تاهل، سه وضعیت برای زندگی با والدین و ۴ حالت برای تعداد فرزندان در نظر بگیریم، برای هر سن (و یا رده سنی) و جنس باید یک ماتریس احتمالی ۴۸ × ۴۸را به وجود آورد.

درصورتی‌که مقادیر نرخ‌ها (مثلاً نرخ تولد، ازدواج، طلاق و غیره) در دسترس باشد، برای تبدیل آن‌ها به‌احتمال می‌توان از زیر استفاده شود:

$$P=e^{-r}$$

r : تعداد رخداد (مثلاً تعداد فوت یا تعداد تولد) بر کل تعداد افراد در سال موردنظر است.

روش‌های دیگری بر مبنای مدل‌های دقیق‌تر، تغییر وضعیت‌ها و همچنین نحوه اعمال تغییرات در طول یک سال و یا دوره زمانی را مدل می‌کنند که می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

پس از محاسبه ماتریس احتمالات می‌توان با ضرب آن در ماتریس تعداد افراد در هر وضعیت، تعداد افراد موجود در هر وضعیت را برای دوره زمانی بعد محاسبه نمود. بدین‌طریق در هر دوره زمانی اطلاعات کاملی از وضعیت افراد و خانوار ایجاد می‌شود.

یکی از مزایای این روش قابلیت ارزیابی آن در هر دوره است. بدین صورت که می‌توان به واپایش روابط منطقی بین اجزای خانوار و تعداد خانوارها پرداخت. به‌عنوان‌مثال تعداد زن‌های سرپرست خانواده مساوی است با همین مقدار در دوره پیشین منهای تعداد زن‌هایی از همین گروه که ازدواج کرده و یا فوت کرده‌اند به‌علاوه تعداد مردان متأهل که طلاق‌گرفته یا فوت کرده‌اند.

روش شماره ۴ (روش تحلیل گروهی) : در این روش، پیش‌بینی جمعیت با تفکیک جمعیت بر اساس سن و جنس انجام می‌شود و تغییرات جمعیت از طریق اعمال تولد، مرگ‌ومیر و مهاجرت در دوره‌های زمانی متوالی برآورد می‌گردد. جمعیت پایه ابتدا به گروه‌های سنی– جنسی تقسیم شده و سپس با اعمال نرخ‌های باروری، مرگ و مهاجرت، جمعیت هر گروه برای دوره بعد محاسبه می‌شود. افراد در هر دوره زمانی به گروه سنی بالاتر منتقل می‌شوند و این فرآیند تا سال افق ادامه می‌یابد. خروجی این روش، علاوه بر جمعیت کل، ساختار سنی– جنسی جمعیت آینده را نیز مشخص می‌کند. رابطه زیر به منظور پیش بینی جمعیت جمعیت آینده در این روش استفاده می شود.

$$P_{t_1} = P_{t.} + B_{t.t_1} - D_{t.t_1} + NI_{t.t_1}$$

$P_{t.}$: جمعیت در زمان

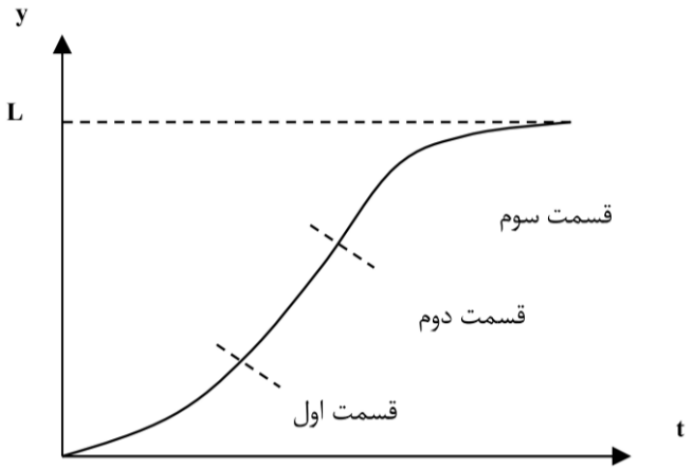
P_{t_1} : جمعیت در زمان

$B_{t.t_1}$: موالید زنده مانده در بازه

$D_{t.t_1}$: مرگ‌ومیر در این دوره

$NI_{t.t_1}$: میزان مهاجرت در این دوره

روش شماره ۵ (توابع ریاضی) : در روش توابع ریاضی، یک تابع مبتنی بر رفتار برای شبیه سازی نحوه تغییرات جمعیت در ناحیه مورد بررسی پیشنهاد می شود. در این گونه از روش ها ابتدا تابعی بر روی اطلاعات موجود برازش داده می‌شود، سپس بر اساس همان تابع پیش بینی جمعیت در آینده انجام می شود. یکی از رایج ترین توابع، تابع لجستیکی اس شکل (S) است. که تصویر آن در شکل ۳-۴ آورده شده است.



شکل ۳-۴ : تابع لجستیکی به‌منظور نمایش رابطه جمعیت - زمان

معادله این تابع در حالت کلی به‌صورت زیر است:

$$y_t = \frac{L}{۱ + ae^{b(t-t.)}}$$

$$a = \frac{L - y.}{y.}$$

$$b = \frac{۱}{N}\ln\left(\frac{y.(L - y_۱)}{y_۱(L - y_۲)}\right)$$

$$L = \frac{۲y.y_۱y_۲ - y_۱^۲(y. + y_۲)}{y.y_۲ - y_۱^۲}$$

که در آن y_t جمعیت پیش‌بینی‌شده از شهر در سال t است a و b ضرایب مدل هستند L جمعیت اشباع در شهر است که برای پیش‌بینی آن وجود سه‌نقطه در نمودار الزامی است. منظور از این سه‌نقطه، سه مقدار جمعیتی $y.$، $y_۱$ و $y_۲$ است که در سرشماری عمومی نفوس و مسکن سه دوره گذشته در سال‌های متناظر $t.$، $t_۱$ و $t_۲$ مشاهده شده‌اند. در صورت وجود ظرفیت جمعیتی برای کل شهر بر اساس کاربری زمین یا سایر منابع اطلاعاتی فرادست، این مقدار جایگزین پارامتر L در رابطه لجستیکی می‌شود و بدین ترتیب باوجود دو مشاهده از جمعیت شهری، می‌توان جمعیت را در افق موردنظر پیش‌بینی نمود. رفتار این تابع دارای سه بخش است. قسمت پایینی نمودار دارای روند افزایشی است. قسمت دوم دارای رشد خطی و قسمت سوم با رشد کندشونده تا مرز ظرفیت پیش می‌رود. بدین معنا که در طول زمان، جمعیت شهر دارای رفتار متفاوتی است. در شهرهای درحال‌توسعه، جمعیت به‌شدت در طول زمان افزایش پیدا می‌کند. باگذشت زمان و افزایش جمعیت در شهرها، میزان افزایش (نرخ رشد) جمعیت کاهش می‌یابد و با نزدیک‌شدن جمعیت به حد اشباع شهر، افزایش جمعیت به‌کندی صورت می‌پذیرد. براین‌اساس، روش دیگر آن است

که جمعیت منطقه موردنظر را با شناخت از وضعیت آن، توسط یکی از این سه تابع جداگانه نیز تخمین زد. معادلات مختلفی برای این سه بخش به کار گرفته شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

قسمت اول منحنی (افزایش لگاریتمی)

$$y_t = e^{\ln(y_۲)+K_L(t-t_۲)}$$

$$K_L = \frac{\ln(y_۲)-\ln(y_۱)}{t_۲-t_۱}$$

در نتیجه در صورت وجود دونقطه مشاهده شده، می‌توان جمعیت را در طول زمان بر اساس رشد لگاریتمی پیش‌بینی نمود.

قسمت دوم منحنی (رشد خطی)

$$y_t = y_۲ + K_a(t-t_۲)$$

$$K_a = \frac{y_۲-y_۱}{t_۲-t_۱}$$

با استفاده از این روابط نیز در صورت وجود دونقطه می‌توان جمعیت را در طول زمان بر اساس رشد خطی پیش‌بینی کرد.

قسمت سوم منحنی (نقصان رشد)

$$y_t = L-(L-y_۲)\times e^{K_d\,(t-t_۲)}$$

$$L = \frac{۲y_.y_۱y_۲ - y_۱^۲(y_. + y_۲)}{y_.y_۲ - y_۱^۲}$$

$$K_d = \frac{\ln\left(\frac{L-y_۲}{L-y_۱}\right)}{t_۲-t_۱}$$

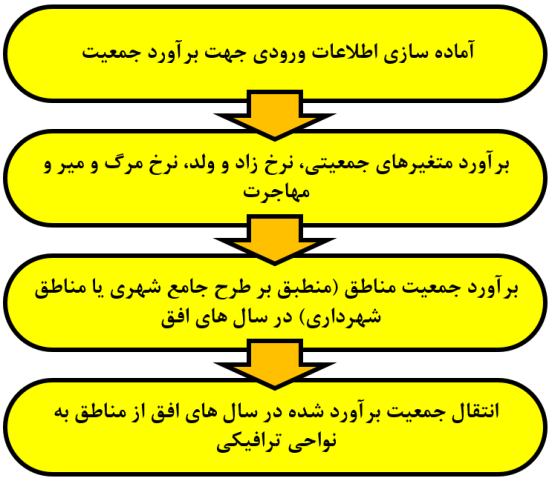
در قسمت سوم منحنی نیز روابط فوق برای پیش‌بینی جمعیت در شهرهای متراکم قابل‌استفاده است.

روش شماره ۶ (کاربری زمین) : در این روش، پیش‌بینی جمعیت بر مبنای کاربری زمین و با استفاده از متغیرهایی مانند اشتغال و محل سکونت انجام می‌شود. برخلاف مدل‌های ساده رشد جمعیت، جمعیت به‌صورت مستقل از اشتغال برآورد نمی‌شود، بلکه بر اساس برقراری تعادل بین اشتغال پایه، اشتغال غیربایه و جمعیت وابسته به آن‌ها تعیین می‌گردد. اجرای این روش نیازمند اطلاعات دقیق کاربری زمین، توزیع مشاغل و محل سکونت در نواحی شهری است و در صورت دسترسی به این داده‌ها، استفاده از آن توصیه می‌شود.

بر اساس آیین‌نامه مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری ۸۰۱، شش روش پیش‌بینی و تعیین جمعیت هرکدام از نظر سطح دقت، داده‌محوری و کاربرد برنامه‌ریزی تفاوت دارند؛ روش شماره ۱ ساده، سریع و مناسب مقیاس نواحی ترافیکی است اما به روندهای گذشته وابسته است، روش شماره۲ (اصلاح‌شده با نرخ رشد کل شهر) با لحاظ کنترل کلان و ظرفیت اشباع واقع‌بینانه‌تر از روش شماره۱ عمل می‌کند، روش شماره۳ (سری زمانی) رفتار جمعیت را در طول زمان بازنمایی می‌کند ولی ساختار جمعیت را لحاظ نمی کند، روش شماره ۴ تحلیل گروهی یا ساختاری با تفکیک سنی– جنسی و مدل‌سازی تولد، مرگ و مهاجرت دقیق‌ترین بازنمایی پویایی واقعی جمعیت را ارائه می‌دهد، روش شماره۵ (ظرفیت جمعیتی) به‌عنوان ابزار کنترلی برای جلوگیری از رشد غیرواقعی به‌کار می‌رود و نه یک روش مستقل، و روش شماره ۶ (رشد مستقیم) ساده‌ترین و در عین حال کم‌دقت‌ترین روش است؛ بنابراین به‌صورت آکادمیک و مطابق منطق آیین‌نامه ۸۰۱، روش شماره۴ (تحلیل گروهی) بهترین روش محسوب می‌شود، زیرا تنها روشی است که ضمن اتکا به مبانی شناخت جمعیت، علاوه بر پیش‌بینی مقدار جمعیت، ساختار سنی– جنسی آینده را نیز برای تصمیم‌گیری‌های بلندمدت شهری و حمل‌ونقل به‌طور دقیق فراهم می‌کند.

۲-۲-۱-۳- روش برآورد جمعیت در سال‌های افق (روش هرم سنی)

روش هرم سنی (کوهرت)، یکی از دقیق‌ترین روش‌های پیش‌بینی جمعیت است که بر اساس دنبال‌کردن گروه‌های سنی در طول زمان انجام می‌شود. در این روش، میزان مرگ‌ومیر، مهاجرت و موالید برای هر گروه سنی بررسی می‌شود. با درنظرگرفتن این سه عامل می‌توان هرم سنی جدید جمعیت را برای سال افق برآورد کرد. این روش، دقیق‌تر از فرمول‌های ریاضی ساده و لجستیک است، زیرا جزئیات سنی افراد، مرگ‌ومیر، مهاجرت و موالید را نیز در نظر می‌گیرد. در شکل ۳-۵ روند برآورد جمعیت سال‌های افق در نواحی ترافیکی ارائه شده است.



شکل ۳-۵ : الگوریتم برآورد جمعیت نواحی ترافیکی

$$P_{(t+n)} = P_t + B_{(t,t+n)} - D_{(t,t+n)} + I_{(t,t+n)} - E_{(t,t+n)}$$

$P_{(t+n)}$: جمعیت در زمان $t+n$

P_t : جمعیت اولیه در زمان t

$B_{(t,t+n)}$: تعداد تولدها در بازه t و $t+n$

$D_{(t,t+n)}$: تعداد مرگ‌ها در بازه t و $t+n$

$I_{(t,t+n)}$: تعداد مهاجران وارد شده در بازه t و $t+n$

$E_{(t,t+n)}$: تعداد مهاجران خارج شده در بازه t و $t+n$

نحوه پیاده‌سازی مراحل الگوریتم روش کوهرت در ادامه ارائه شده است.

مرحله ۱:

اطلاعات زیر به‌عنوان ورودی الگوریتم برآورد جمعیت مورداستفاده قرار می‌گیرند:

جمعیت به تفکیک رده سنی و جنسیتی به تفکیک مناطق در سه دوره گذشته بر اساس اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن

جمعیت نواحی ترافیکی در سه دوره گذشته بر اساس اطلاعات بلوک‌های آماری سرشماری عمومی نفوس و مسکن

تعداد مرگ‌ومیر به تفکیک رده سنی و جنسیتی در کل شهر در سال پایه بر اساس اطلاعات مرکز ملی آمار و سالنامه آماری

تعداد مهاجران وارد شده و خارج شده کل شهر در سه دوره گذشته بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن

مرحله ۲:

در این مرحله متغیرهای جمعیتی، نرخ زادوولد، نرخ مرگ‌ومیر و نرخ مهاجرت بر اساس سال پایه محاسبه خواهد شد:

تعیین تعداد مردان و زنان از هر سن در سال آتی. برای تفکیک رده سنی افراد به‌صورت سالانه، فرض می‌شود تعداد افراد در هر سن مساوی است. برای مثال اگر جمعیت مرد ۵ تا ۹ ساله ۶۰۰۰۰ نفر باشد، تعداد هر دسته مردان ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ ساله در این سال ۱۲۰۰۰ نفر است.

تعیین تعداد کل متوفیان به تفکیک جنسیت و سن. تعداد کل متوفیان زن و مرد در هر رده سنی در سال پایه بر اساس آمار دفتر آمار و اطلاعات جمعیتی معاونت آمار و داده‌ورزی سازمان ثبت‌احوال کشور یا سایر منابع رسمی

استخراج و سهم هر یک از کل متوفیان محاسبه و در سال‌های آتی استفاده می‌شود. فرض می‌شود توزیع این سهم‌ها در هر سن مساوی است.

تعیین تعداد متولدین. برای تعیین این شاخص، تعداد افراد کمتر از ۴ سال بر تعداد زنان ۱۵ تا ۴۹ سال تعیین می‌شود. حاصل‌ضرب این نرخ در جمعیت زنان ۱۵ تا ۴۹ ساله‌ی هر سال، تعداد متولدین سال بعد را نشان می‌دهد.

تعیین خالص تعداد مهاجران وارد شده در سال آتی.

مرحله ۳:

جمعیت شهر در هر سال به دلیل فوت افراد، کاهش و به دلیل تولد نوزادان و مهاجرت افزایش پیدا خواهد کرد. در این روش، در هر سال سن افراد از هر رده، یک سال افزایش‌یافته و نرخ فوت (بسته به رده سنی و جنسیتی) و تولد (بر اساس دوره باروری زنان) اعمال می‌شود. بر اساس جمعیت به‌دست‌آمده و متناظر با توزیع جمعیت در گروه‌های سنی و جنسیتی، تعداد افراد مهاجر نیز به جمعیت اضافه می‌شود.

مرحله ۴:

در این مرحله جمعیت به‌دست‌آمده از مرحله ۳، در سطح ناحیه‌های ترافیکی توزیع می‌شود. برای این منظور، در هر یک از سه دوره سرشماری گذشته، سهم جمعیت هر یک از نواحی ترافیکی از جمعیت منطقه‌ای که در آن قرار گرفته‌اند محاسبه می‌شود. بر اساس سهم سه دوره گذشته، برای هر یک از نواحی سهم جدیدی از منطقه پیش‌بینی می‌شود. در ادامه مراحل انجام گرفته جهت برآورد جمعیت سال ۱۴۰۲ ارائه شده است.

۳-۲-۱-۳- مروری بر روند تحول جمعیتی در شهر اردبیل طی ادوار گذشته

شهر اردبیل در سال ۱۳۹۵ براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن، دارای جمعیتی معادل ۵۲۵۴۰۷ نفر است که از این تعداد ۵۰.۹ درصد را مردان و ۴۹.۱ درصد را زنان تشکیل می‌دادند. در جدول ۳-۴ و شکل ۳-۶ اطلاعاتی مختصر از تغییرات جمعیت استان و شهر اردبیل از سال ۱۳۶۵ الی ۱۳۹۵ را نشان می‌دهند. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود جمعیت شهری اردبیل همواره از نرخ افزایشی بهره‌مند بوده است.

جدول ۳-۴ : تغییرات جمعیت اردبیل از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵

سال	برآورد اولیه جمعیت استان			جمعیت شهر
	کل	مرد	زن	کل
۱۳۶۵	۱۴۶۲۹۶۵	۷۵۳۹۴۱	۷۰۹۰۲۴	۲۸۱۹۷۳
۱۳۷۰	۱۶۲۲۱۵۹	۸۴۶۶۲۴	۷۷۵۵۳۵	۳۱۱۰۲۲
۱۳۷۵	۱۷۷۸۵۹۶	۹۱۶۳۱۰	۸۶۲۲۸۶	۳۴۰۳۸۶
۱۳۸۰	۱۸۲۸۹۹۱	۹۳۶۸۱۸	۸۹۲۱۷۳	۳۸۰۷۴۴
۱۳۸۵	۱۸۷۹۳۸۵	۹۵۷۳۲۵	۹۲۲۰۶۰	۴۲۱۱۰۱
۱۳۹۰	۱۹۴۵۲۲۷	۹۸۱۷۸۰	۹۶۳۴۴۷	۴۸۷۴۱۹
۱۳۹۵	۱۹۵۲۴۳۴	۹۸۸۰۱۵	۹۶۴۴۱۹	۵۲۵۴۰۷



شکل ۳-۶ : روند تغییرات جمعیت استان و شهر اردبیل از سال ۱۳۶۵ تا سال ۱۳۹۵

٤-٢-١-٣- بررسی هرم سنی سال‌های پیشین (۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵)

برای برآورد جمعیت شهر اردبیل در سال ۱۴۰۲، از اطلاعات و آمار جمعیتی سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ استفاده شده است. هرم سنی این سال‌ها، به ترتیب در شکل ۳-۷ و شکل ۳-۹ نمایش داده شده است. در زیربندهای مربوط به این بند، تحلیل هرم سنی برای هر سال، و نتایج تحلیل‌های مربوط به این سه سال ارائه شده است.

١-٤-٢-١-٣- تحلیل هرم سنی سال ۱۳۸۵

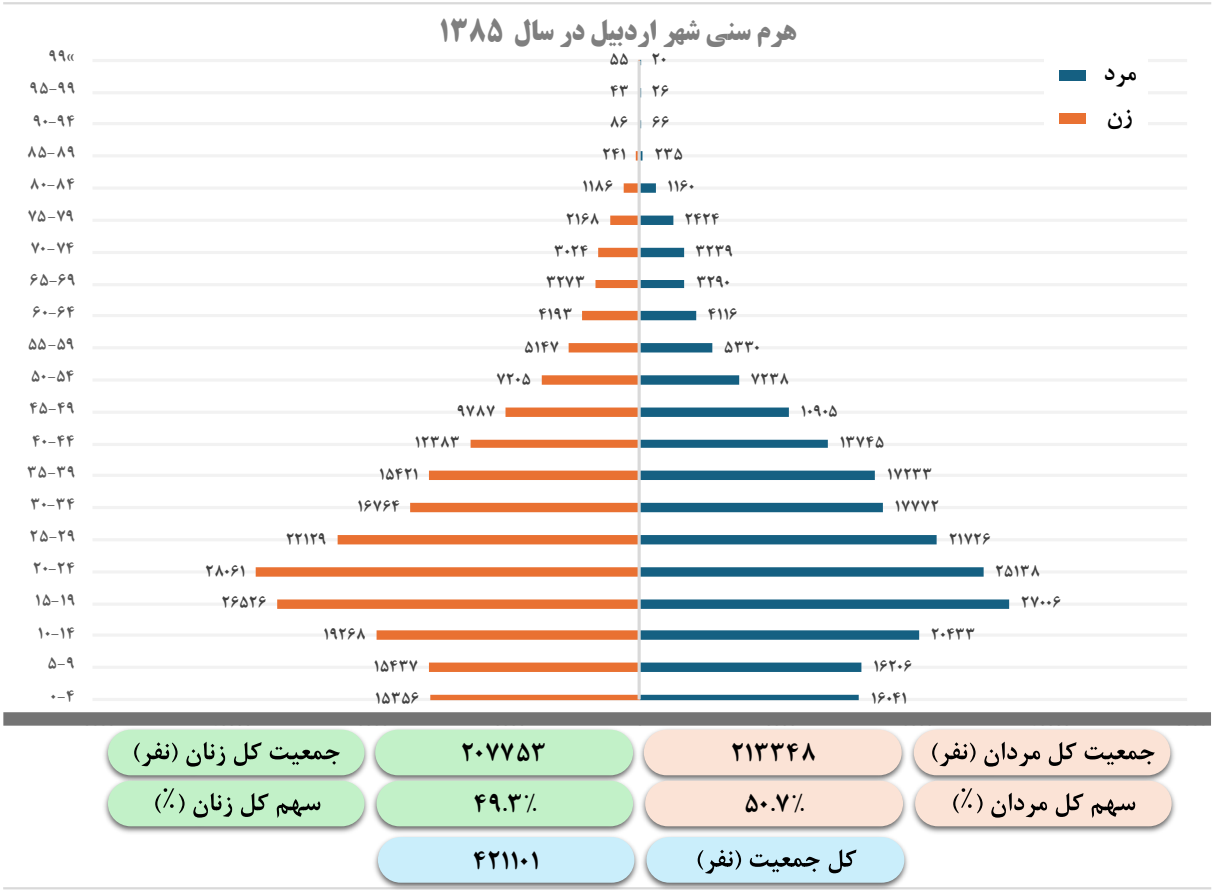
جمعیت کل مردان و زنان اردبیل در سال ۱۳۸۵ برابر با ۴۲۱۱۰۱ نفر بوده است. که از این میان ۲۱۳۳۴۸ نفر مرد و ۲۰۷۷۵۳ نفر زن هستند. در میان مردان بیشترین جمعیت، مربوط به رده‌ی سنی ۱۵ تا ۱۹ سال به میزان ۲۷۰۰۶ نفر برای مردان و در میان زنان مربوط به رده سنی ۲۰ تا ۲۴ سال و با جمعیت ۲۸۰۶۱ نفر است. در مقایسه رده‌های سنی، کمترین میزان جمعیت مربوط به رده سنی ۶۵ تا ۶۹ سال است.

یکی از پارامترهای مهم در تحلیل جمعیت، میانگین سنی افراد است. میانگین سنی، جوان یا پیر بودن ساختار جمعیت را نشان می‌دهد. همچنین با مقایسه این پارامتر در چند سرشماری می‌توان پی برد که جمعیت در چه مرحله‌ای از گذار جمعیتی قرار گرفته است. برای محاسبه میانگین سنی جمعیت در سال ۱۳۸۵ از رابطه زیر استفاده شده است:

$$\text{میانگین سنی مردان} = \frac{\sum(\text{حد وسط بازه} \times \text{جمعیت})}{\sum \text{جمعیت}} = ۲۷/۷۶$$

$$\text{میانگین سنی زنان} = \frac{\sum(\text{حد وسط بازه} \times \text{جمعیت})}{\sum \text{جمعیت}} = ۲۷/۵۶$$

باتوجه‌به نتیجه محاسبات، میانگین سنی برای مردان و زنان تقریباً برابر با ۲۸ سال است. میانگین سنی ۲۸ سال، نشان‌دهنده ساختار جمعیتی نسبتا جوان در این دوره است.



شکل ۳-۷ : هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۳۸۵

۲-٤-۲-۱-۳- تحلیل هرم سنی سال ۱۳۹۰

جمعیت کل شهر اردبیل در سال ۱۳۹۰ برابر با ۴۸۷۴۱۹ نفر بوده است. که ۲۴۷۷۶۸ مرد و ۲۳۹۶۵۱ زن هستند. رده سنی ۲۵ تا ۲۹ سال، دارای بیشترین جمعیت به میزان ۲۸۰۳۹ نفر مرد و ۲۸۲۶۶ نفر زن است.

$$\text{میانگین سنی مردان} = \frac{\sum(\text{حد وسط بازه} \times \text{جمعیت})}{\sum \text{جمعیت}} = ۲۹/۳۷$$

$$\text{میانگین سنی زنان} = \frac{\sum(\text{حد وسط بازه} \times \text{جمعیت})}{\sum \text{جمعیت}} = ۲۹/۴۲$$

میانگین سنی در سال ۱۳۹۰، تقریبا برابر با ۳۰ سال است. مقدار این پارامتر نسبت به سال ۱۳۸۵، مقداری افزایش داشته است. افزایش میانگین سنی، نشان‌دهنده تغییر تدریجی ساختار جمعیت به سمت پیرتر شدن است.

- **نرخ رشد جمعیت طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰**

جهت محاسبه نرخ رشد جمعیت در بازهٔ زمانی ۵ساله، از فرمول رشد هندسی استفاده شده است [۶]:

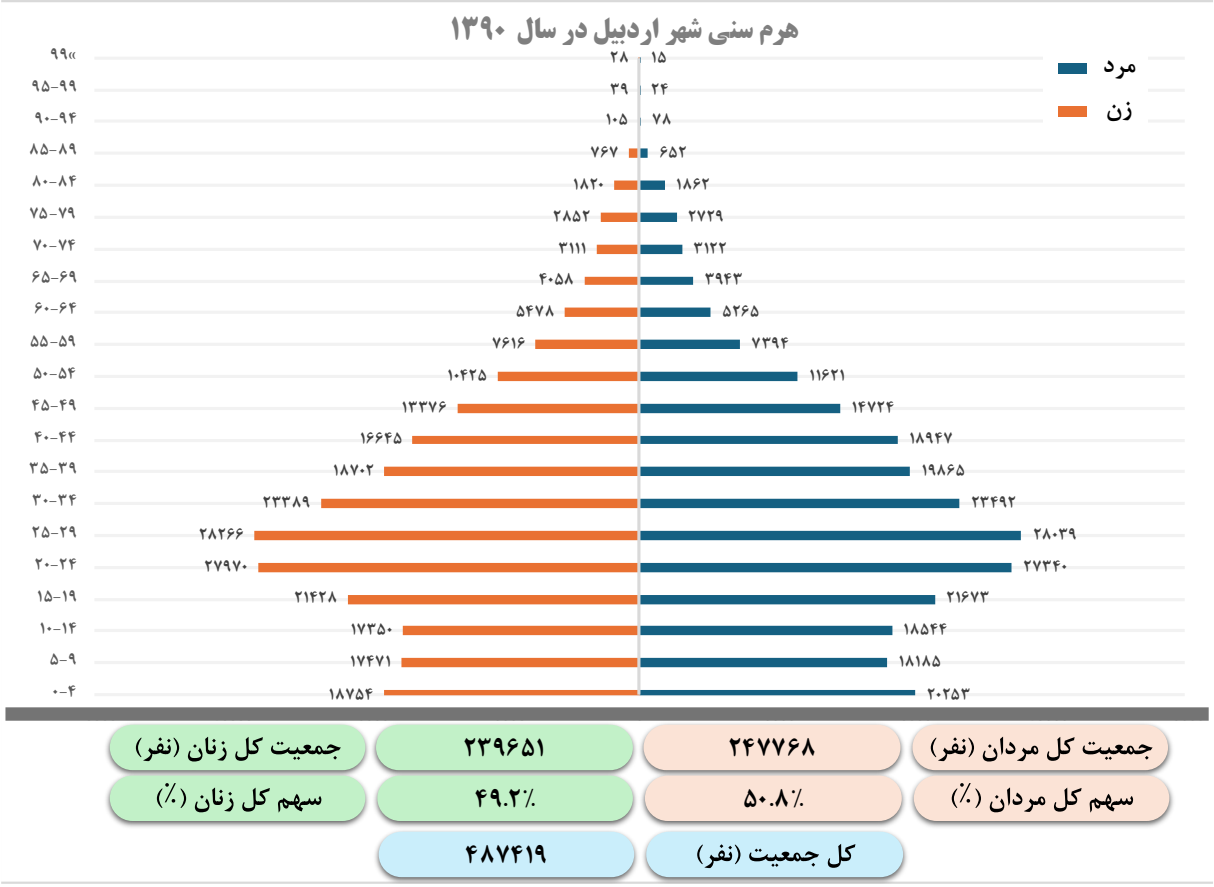
$$r = \left(\frac{P_{۱۳۹۰}}{P_{۱۳۸۵}}\right)^{\frac{۱}{۵}} - ۱ = ۰/۰۱۵ \times ۱۰۰ = ۱/۵\%$$

r: نرخ رشد جمعیت

$P_{۱۳۹۰}$: جمعیت سال ۱۳۹۰

$P_{۱۳۸۵}$: جمعیت سال ۱۳۸۵

باتوجه‌به عدد به‌دست‌آمده می‌توان گفت، جمعیت اردبیل بین سال‌های ۱۳۸۵ و۱۳۹۰، در هر سال به‌طور میانگین ٪ ۱/۵ نسبت به سال قبل افزایش داشته است. این نرخ رشد نشان می‌دهد که جمعیت، با سرعت کم ولی پیوسته در حال افزایش بوده است.



شکل ۳-۸ : هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۳۹۰

۳-٤-۲-۱-۳- تحلیل هرم سنی سال ۱۳۹۵

مجموع تعداد مردان و زنان در سال ۱۳۹۵ برابر با ۵۲۵۴۰۷ نفر بوده است. از این میان، ۲۶۷۳۶۸ نفر مرد و ۲۵۸۰۳۹ نفر مرد هستند. با بررسی جمعیت در رده‌های سنی مختلف مشاهده شده است که، بیشترین جمعیت مربوط به بازه‌ی سنی ۳۰ تا ۳۴سال به میزان ۲۸۵۵۲ نفر برای مردان و ۲۸۲۰۶ نفر برای زنان است. با توجه به روابط زیر میانگین سنی مردان و زنان تقریبا برابر با ۳۱ است. با توجه به میانگین سنی مردان و زنان در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰، مقدار این پارامتر تا سال ۱۳۹۵ به‌صورت افزایشی است.

$$\text{میانگین سنی مردان} = \frac{\sum(\text{حد وسط بازه} \times \text{جمعیت})}{\sum \text{جمعیت}} = ۳۰/۹۱$$

$$\text{میانگین سنی زنان} = \frac{\sum(\text{حد وسط بازه} \times \text{جمعیت})}{\sum \text{جمعیت}} = ۳۰/۹۷$$

- **نرخ رشد جمعیت طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵**

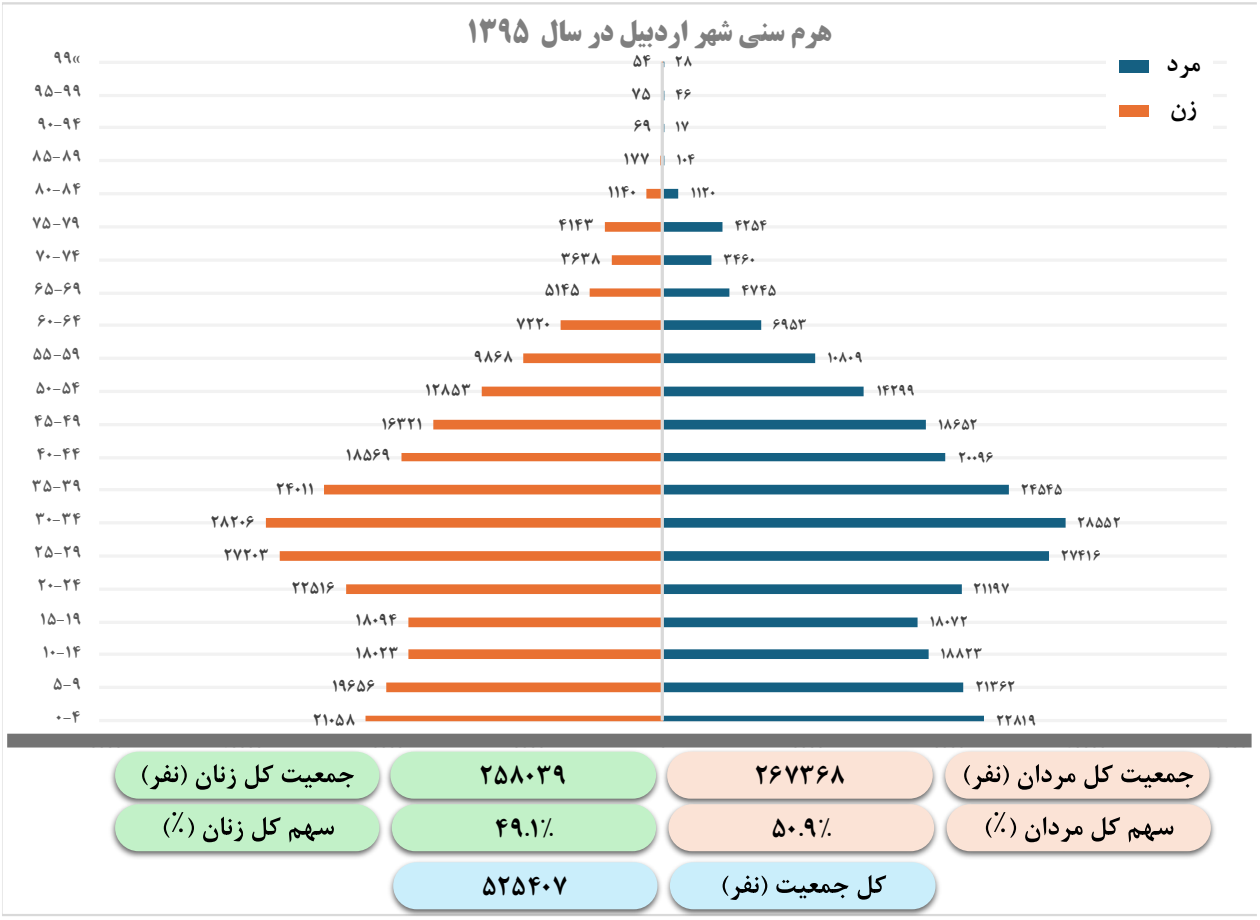
$$r = \left(\frac{P_{۱۳۹۵}}{P_{۱۳۹۰}}\right)^{\frac{۱}{۵}} - ۱ = ۰/۰۲۰ \times ۱۰۰ = ۲/۰\%$$

r : نرخ رشد جمعیت

$P_{۱۳۹۵}$: جمعیت سال ۱۳۹۵

$P_{۱۳۹۰}$: جمعیت سال ۱۳۹۰

باتوجه‌به نتیجهٔ به‌دست‌آمده، جمعیت اردبیل در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵، به‌طور میانگین ۲/۰٪ نسبت به سال قبل رشد داشته است. به‌طور کلی می‌توان گفت، رشد جمعیت در سال های ۱۳۸۵و ۱۳۹۵ افزایش داشته است.



شکل ۳-۹ : هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۳۹۵

- **نتایج تحلیل هرم‌های سنی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵**

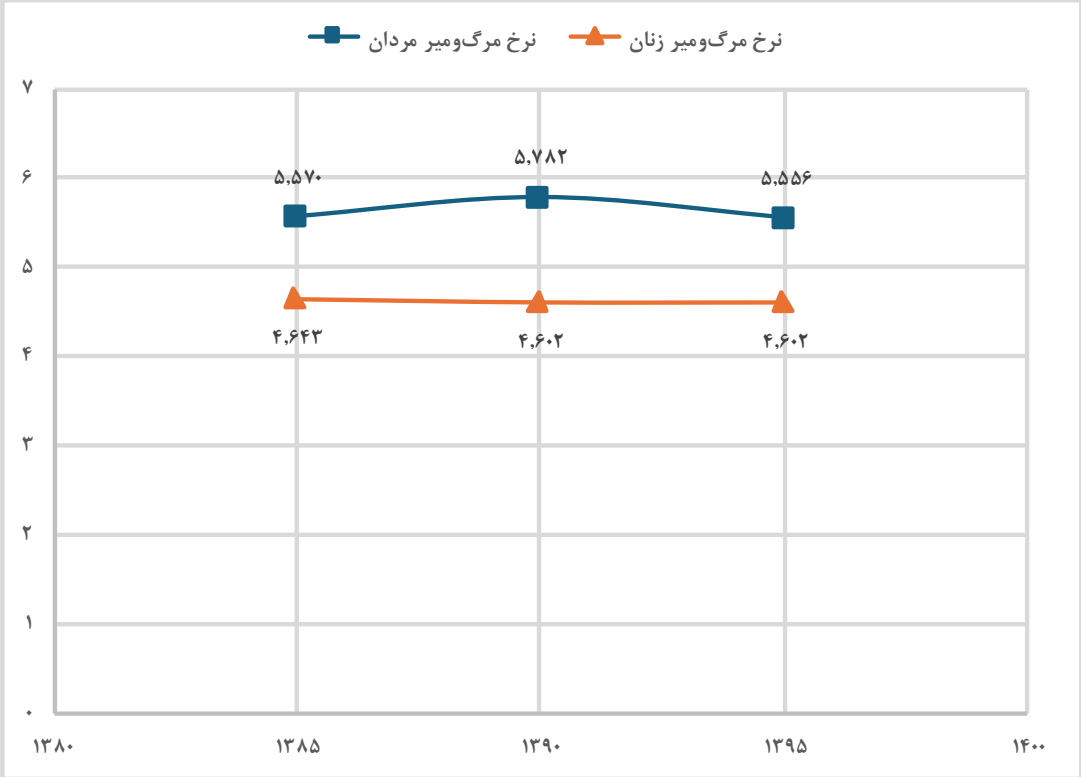
۱. از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، میانگین سنی افراد برای هر دو جنسیت افزایش پیدا کرده است. میانگین سنی افراد در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ به‌طور تقریبی برابر با ۲۸، ۳۰ و ۳۱ سال است. این تغییر به معنای انتقال از جامعه جوان به جامعه میانسال است. به‌عبارتی، جمعیت جوان نسبت به جمعیت میانسال و مسن کاهش یافته است.

۲. رشد جمعیت طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، افزایشی و مثبت است. میزان رشد جمعیت از سال ۱۳۹۰ الی سال ۱۳۹۵، بیشتر از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ است. علت این موضوع، افزایش جمعیت‌پذیری و بهبود دسترسی به خدمات بهداشتی و درمانی و ..... است.

۵-۲-۱-۳- نرخ مرگ‌ومیر سال‌های پیشین (۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵)

در شکل ۳-۱۰ روند کلی تغییرات نرخ مرگ‌ومیر نشان داده شده است. با استفاده از نمودار مشخص است که، طی سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰و ۱۳۹۵ نرخ مرگ‌ومیر برای زنان و مردان کاهش کمی داشته است. همچنین نرخ مرگ‌ومیر مردان بالاتر از زنان بوده است. در سال ۱۳۹۵ نرخ مرگ‌ومیر برای مردان ۵/۵۶ و برای زنان ۴/۴۲ است. به‌عبارتی در سال ۱۳۹۵، برای مردان تقریبا ۶ مرگ به ازای هر ۱۰۰۰ نفر و برای زنان ۵ مرگ به ازای هر ۱۰۰۰ نفر وجود داشته است. نرخ مرگ‌ومیر به ازای هر ۱۰۰۰ نفر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{نرخ مرگ‌ومیر} = \frac{\text{تعداد فوت شدگان در یک دوره}}{\text{جمعیت در همان دوره}} \times ۱۰۰۰$$



شکل ۳-۱۰ : روند کلی نرخ مرگ‌ومیر (به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر در سال)، برای مردان و زنان در سال های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵

۶-۲-۱-۳- نرخ زاد و ولد سال‌های پیشین (۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵)

در شکل ۳-۱۱ روند کلی نرخ باروری عمومی برای تولدهای پسر و تولدهای دختر برای سال های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ نشان داده شده است. با توجه به افزایش نرخ باروروی عمومی، نرخ زاد و ولد برای هر دو جنسیت افزایش پیدا کرده است. علت این افزایش نرخ را می‌توان به عواملی چون تعداد بالای زنان دهه ۶۰ در سن باروری (۲۰تا ۳۵ سال)،

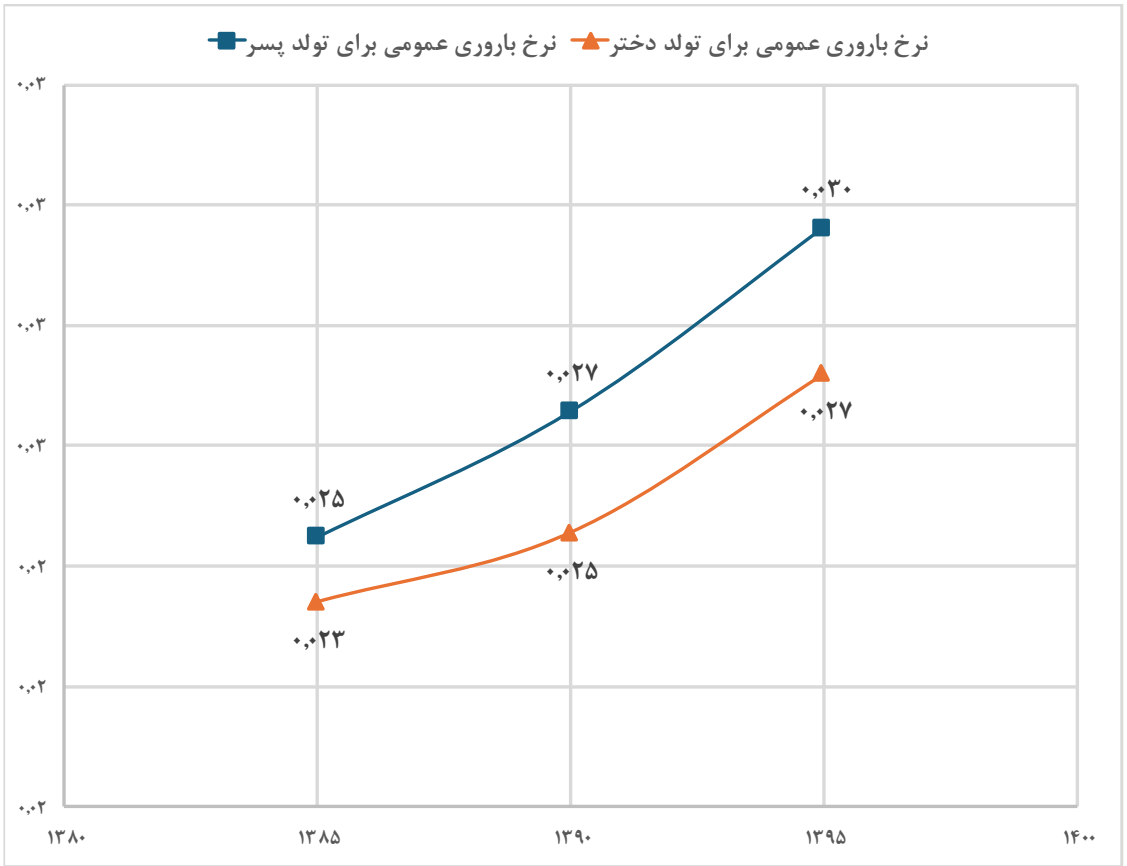
بهداشت و مراقبت‌های سلامت مادر و کودک، بهبود شرایط اقتصادی در اوایل دهه ۸۰ و .... نسبت داد. نرخ بارروی عمومی، از تقسیم جمعیت کودکان زیر ۴ سال بر زنان ۱۵ تا ۴۹ سال به دست آمده است. در سال ۱۳۹۵، نرخ باروری عمومی برای تولدهای دختر برابر با ۰/۰۲۷ است. از آن‌جایی‌که کودکان زیر ۴ سال در نظر گرفته شده است، نرخ باروری تقریبی سالانه برای تولدهای دختر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{نرخ باروری تقریبی سالانه برای تولدهای دختر} = \frac{۰/۰۲۷}{۴} = ۰/۰۰۶۸$$

برای محاسبه تعداد تولد در ۱۰۰۰ زن :

$$۰/۰۰۶۸ \times ۱۰۰۰ = ۷$$

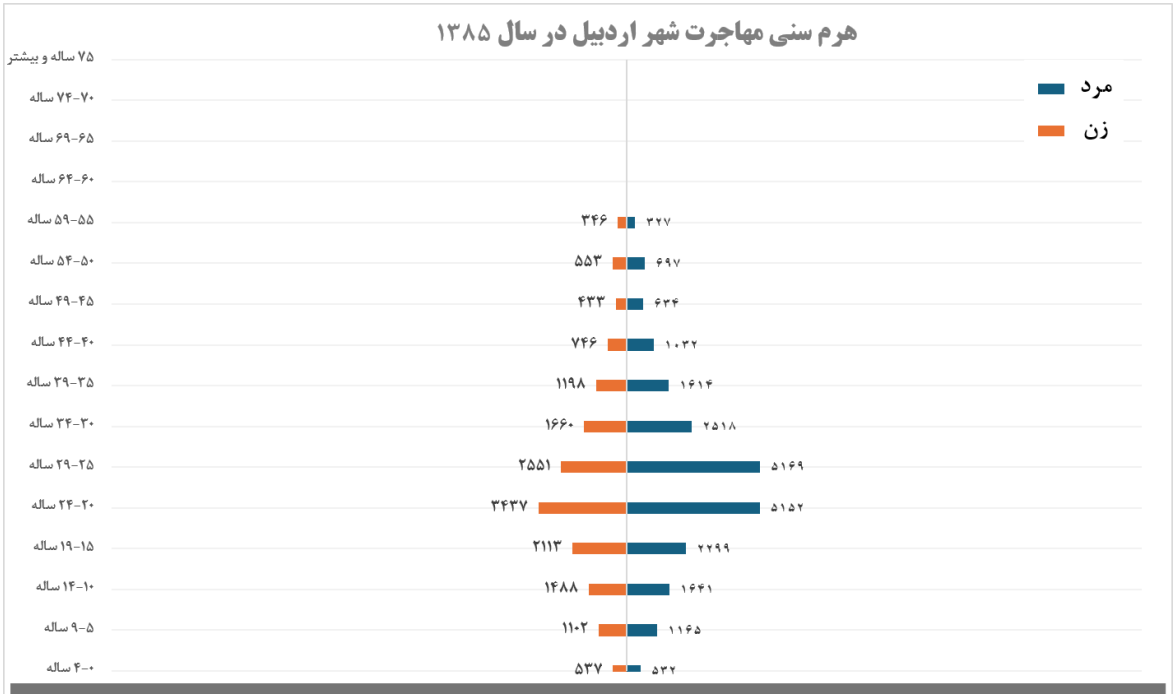
بنابراین، به‌ازای هر ۱۰۰۰ زن در سن باروری، ۷ تولد دختر در سال ۱۳۹۵ وجود داشته است.



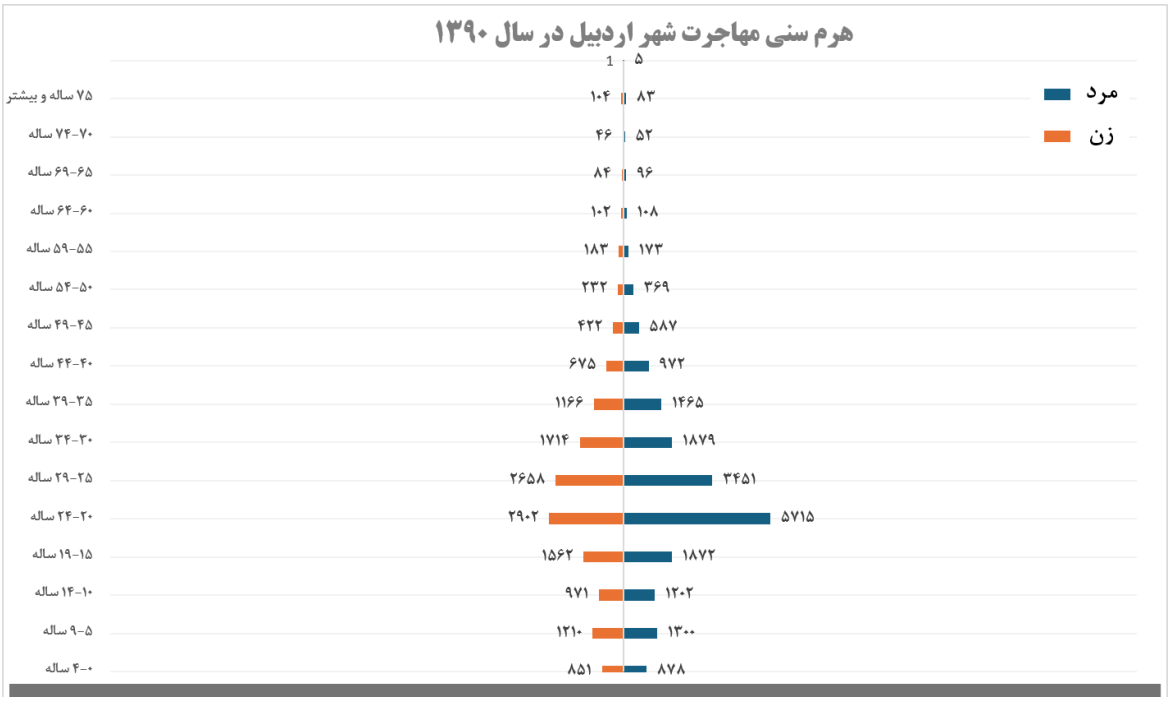
شکل ۳-۱۱ : روند نرخ باروری عمومی، برای تولدهای پسر و دختر در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵

۷-۲-۱-۳- هرم سنی مهاجران (۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵)

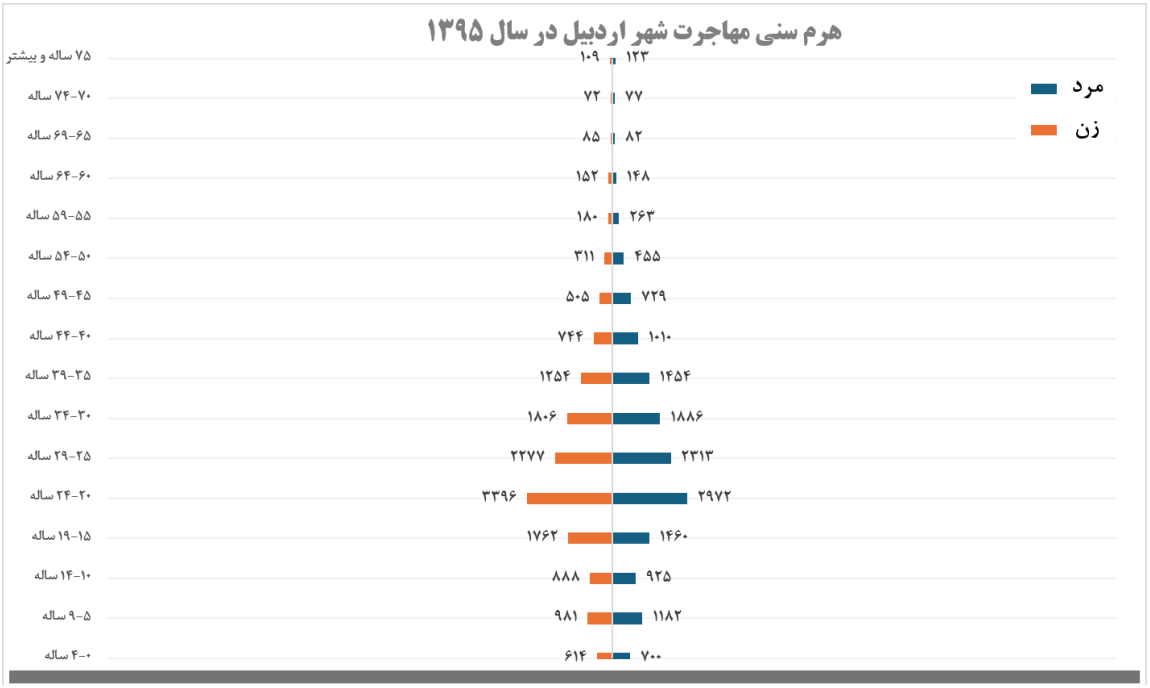
یکی دیگر از عوامل موثر در پیش‌بینی جمعیت، آمار مربوط به مهاجران است. در شکل ۳-۱۲ تا شکل ۳-۱۴ هرم سنی مهاجران شهرستان اردبیل نشان داده شده است. بیشترین میزان مهاجرت در سال های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵، مربوط به رده سنی ۲۰ تا ۲۴ سال برای هر دو جنسیت است. با توجه به اطلاعات هرم سنی می‌توان گفت، جمعیت مهاجران برای هر دو جنسیت در تمام رده‌های سنی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ روند کاهشی داشته است. در سال‌های اخیر، روند مهاجرت معکوس از کلان‌شهر اردبیل به شهرهای جدید و نواحی روستایی اطراف افزایش یافته است. همچنین مهاجرت از استان اردبیل به سایر نقاط کشور و کشورهای دیگر یکی دیگر از عوامل کاهش سهم جمعیت شهری این استان است.



شکل ۳-۱۲ : هرم سنی مهاجران در سال ۱۳۸۵



شکل ۳-۱۳ : هرم سنی مهاجران در سال ۱۳۹۰



شکل ۳-۱۴ : هرم سنی مهاجران در سال ۱۳۹۵

۸-۲-۱-۳- برآورد جمعیت سال ۱۴۰۲

جهت برآورد جمعیت سال ۱۴۰۲، مراحل زیر انجام می‌شود:

بر اساس جمعیت سال ۱۳۸۵، نرخ مرگ‌ومیر، نرخ زاد و ولد و نرخ مهاجرت، هرم سنی سال ۱۳۹۰ پیش‌بینی می‌شود. در هر بازه‌ی سنی، بین مقدار پیش‌بینی شده و مقدار مشاهده شده جمعیت (مرکز آمار)، اختلاف وجود دارد. این اختلاف جمعیت برای هر رده سنی بر اساس جنسیت، ضریب تصحیح[۱] محاسبه می‌شود. حاصل‌ضرب این ضرایب تصحیح، در مقدار پیش‌بینی شده (سال ۱۳۹۰)، مقدار مشاهده شده جمعیت در سال ۱۳۹۰ است.

بر اساس داده‌های واقعی در سال ۱۳۹۰، نرخ مرگ‌ومیر، نرخ زاد و ولد و نرخ مهاجرت، هرم سنی سال ۱۳۹۵ پیش‌بینی می‌شود. همانند قبل برای سال ۱۳۹۵، در هر بازه‌ی سنی بر اساس جنسیت میان مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر مشاهده شده اختلاف جمعیتی وجود دارد. در این مورد مقادیر ضرایب تصحیح محاسبه می‌شود. با ضرب این مقادیر در مقدار پیش‌بینی شده جمعیت، جمعیت واقعی در سال ۱۳۹۵ به‌دست می‌آید.

از میانگین هندسی ضرایب تصحیح سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵، جهت به‌دست آوردن ضرایب تصحیح سال ۱۴۰۲ استفاده می‌شود. ضریب تصحیح برای هر رده سنی بر اساس جنسیت، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CF_{(۳,r,g)} = \sqrt{CF_{(۱,r,g)} \times CF_{(۲,r,g)}}$$

$CF_{(۳,r,g)}$: ضریب تصحیح مرحله ۳، برای رده سنی r و جنسیت g

$CF_{(۲,r,g)}$: ضریب تصحیح مرحله ۲، برای رده سنی r و جنسیت g

$CF_{(۱,r,g)}$: ضریب تصحیح مرحله ۱، برای رده سنی r و جنسیت g

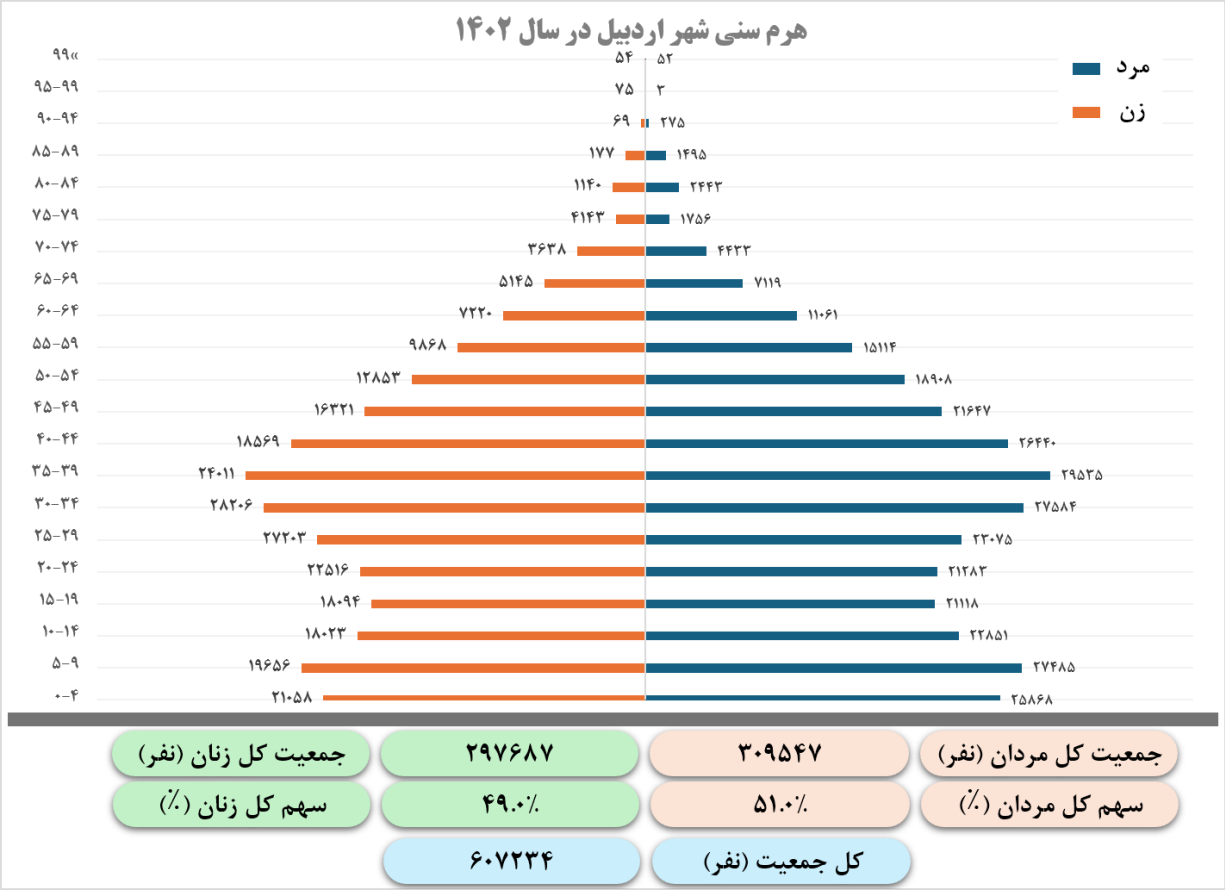
r: رده‌های سنی (کمتر از ۴ سال تا بیشتر از ۶۴ سال)

g: جنسیت (مرد، زن)

با استفاده از جمعیت واقعی سال ۱۳۹۵، نرخ مرگ‌ومیر، نرخ زاد و ولد، نرخ مهاجرت و همچنین ضرایب تصحیح سال افق، هرم سنی سال ۱۴۰۲ به‌دست می‌آید. هرم سنی جمعیت مردان و زنان در شکل ۳-۱۵ برای سال ۱۴۰۲ نشان داده شده است. مجموع جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۲، برابر با ۶۰۷۳۲۴ نفر است. درمیان رده‌های سنی، رده سنی ۳۵ تا ۳۹ سال دارای بیشترین جمعیت به تعداد ۲۹۵۳۵ نفر مرد و ۲۴۰۱۱ نفر زن است. در رده‌های سنی کمتر

[۱] Correction Factor

از ۲۴ سال، جمعیت مردان بیشتر از زنان است. در ادامه فراوانی مطلق و نسبی هر کدام از رده‌های سنی، همچنین تحلیل مربوط به هرم سنی جمعیت سال ۱۴۰۲ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۵ : هرم سنی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۲

جدول ۳-۵ : فراوانی مطلق و فراوانی نسبی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۲ بر اساس رده سنی

بازه سنی	فراوانی مطلق		فراوانی نسبی (درصد)	
	مرد	زن	مرد	زن
کمتر از ۴	۲۵۸۶۸	۲۳۵۰۲	۴.۳٪	۳.۹٪
بین ۵ تا ۹	۲۷۴۸۵	۲۵۱۰۵	۴.۵٪	۴.۱٪
بین ۱۰ تا ۱۴	۲۲۸۵۱	۲۱۰۲۶	۳.۸٪	۳.۵٪
بین ۱۵ تا ۱۹	۲۱۱۱۸	۱۹۹۸۸	۳.۵٪	۳.۳٪
بین ۲۰ تا ۲۴	۲۱۲۸۳	۲۰۸۳۹	۳.۵٪	۳.۴٪
بین ۲۵ تا ۲۹	۲۳۰۷۵	۲۳۹۲۹	۳.۸٪	۳.۹٪
بین ۳۰ تا ۳۴	۲۷۵۸۴	۲۷۸۵۶	۴.۵٪	۴.۶٪
بین ۳۵ تا ۳۹	۲۹۵۳۵	۲۹۱۸۰	۴.۹٪	۴.۸٪
بین ۴۰ تا ۴۴	۲۶۴۴۰	۲۵۸۷۵	۴.۴٪	۴.۳٪
بین ۴۵ تا ۴۹	۲۱۶۴۷	۲۰۴۷۱	۳.۶٪	۳.۴٪
بین ۵۰ تا ۵۴	۱۸۹۰۸	۱۷۰۴۸	۳.۱٪	۲.۸٪
بین ۵۵ تا ۵۹	۱۵۱۱۴	۱۳۶۹۸	۲.۵٪	۲.۳٪
بین ۶۰ تا ۶۴	۱۱۰۶۱	۱۰۳۸۱	۱.۸٪	۱.۷٪
بیش از ۶۴ سال	۱۷۵۷۷	۱۸۷۸۹	۲.۹٪	۳.۱٪
مجموع	۳۰۹۵۴۷	۲۹۷۶۸۷	۵۱.۰٪	۴۹.۰٪

۱-۸-۲-۱-۳- تحلیل هرم سنی جمعیت سال ۱۴۰۲

بر اساس تحلیل هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۴۰۲ می‌توان گفت:

۱. تقریبا در همه سنین، تعداد مردان و زنان نزدیک به هم است و اختلاف قابل توجهی ندارد.

۲. در گروه‌های سالمندی (بیشتر از ۶۴ سال)، تعداد زنان کمی بیشتر از تعداد مردان است. می‌توان این موضوع را به امید به زندگی بالاتر در زنان نسبت داد.

۳. بیشترین جمعیت مربوط گروه سنی بین ۳۵ تا ۳۹ سال است. این مقدار برای مردان برابر با ۲۹۵۳۵ نفر و برای زنان برابر با ۲۹۱۸۰ نفر است.

در جدول ۳-۶، جمعیت برآورد شده مناطق ۵ گانه شهر اردبیل ارائه شده است.

جدول ۳-۶ : جمعیت برآوردشده مناطق توسط مشاور

منطقه	برآورد جمعیت (نفر)
۱	۱۳۱۳۴۵
۲	۱۶۱۹۷۰
۳	۹۸۶۱۳
۴	۱۱۰۰۸۸
۵	۱۰۵۲۱۸
مجموع	**۶۰۷۲۳۴**

به منظور افزایش دقت برآوردهای جمعیت و کاهش خطاهای سیستماتیک ناشی از فرضیات مدل هرم سنی، نتایج پیش‌بینی این مطالعه با استفاده از متدولوژی ضریب تصحیح کالیبره شده‌اند. بر اساس مستندات طرح (مطالعات جامع حمل‌ونقل اردبیل)، انحرافات مقادیر پیش‌بینی‌شده نسبت به مقادیر واقعی سرشماری در دوره‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ محاسبه گردید و میانگین هندسی این خطاها به عنوان ضریب تصحیح نهایی (CF) استخراج شد.

این ضریب جهت تعدیل و واقعی‌سازی جمعیت سال پایه طرح (۱۴۰۲) اعمال گردیده است. بنابراین، تمامی برآوردهای ارائه شده برای سال‌های افق (۱۴۰۷، ۱۴۱۲ و ۱۴۱۷) در ادامه این گزارش، بر مبنای جمعیت پایه کالیبره شده استوار هستند و اثرات اصلاحی ناشی از انحرافات گذشته، به صورت ذاتی در آن‌ها لحاظ شده است تا از بیش‌برآورد یا کم‌برآوردجمعیت در بلندمدت جلوگیری شود.

۹-۲-۱-۳- برآورد جمعیت برای سال ۱۴۰۷

پس از محاسبه و تثبیت جمعیت سال ۱۴۰۲ و اعمال ضرایب تصحیح بر روی آن، گام بعدی در فرآیند پیش بینی، برآورد جمعیت برای اولین دوره ۵ ساله، یعنی سال ۱۴۰۷ است. در این مرحله، جمعیت برآورد شده نهایی سال ۱۴۰۲ ($P_{۱۴۰۲}$)به عنوان جمعیت مبنا P_t در نظر گرفته شده و با استفاده از روش کوهورت به سال مقصد ($t+n$) منتقل می شود.

مراحل انجام این برآورد به شرح زیر است:

۱. انتقال کوهورت های سنی: جمعیت هر گروه سنی ۵ ساله در سال ۱۴۰۲، با اعمال نرخ احتمال بقاء به یک گروه سنی بالاتر در سال ۱۴۰۷ منتقل می شود. این نرخ احتمال زنده ماندن افراد هر گروه سنی را در طول این دوره ۵ ساله نشان می دهد.

۲. محاسبه موالید (گروه های سنی ۰ تا ۴ سال): پایین ترین رده سنی هرم جمعیتی سال ۱۴۰۷(گروه ۰ تا ۴ سال) شامل کسانی است که در حد فاصل سال های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۷ متولد شده اند. برای محاسبه این گروه، از نرخ باروری ویژه سنی($ASFR$) استفاده شده است. تعداد کل موالید در این دوره ۵ ساله از روابط زیر محاسبه می شود:

$$B_{total} = \sum_{i=۱۵}^{۴۹} (FP_i^{Mean} \times ASFR_i) \times ۵$$

FP_i^{Mean} میانگین جمعیت زنان در سنین باروری (۱۵ تا ۴۹سال) در طول دوره ۵ ساله.

$ASFR_i$ نرخ باروری ویژه سنی برای گروه های سنی i.

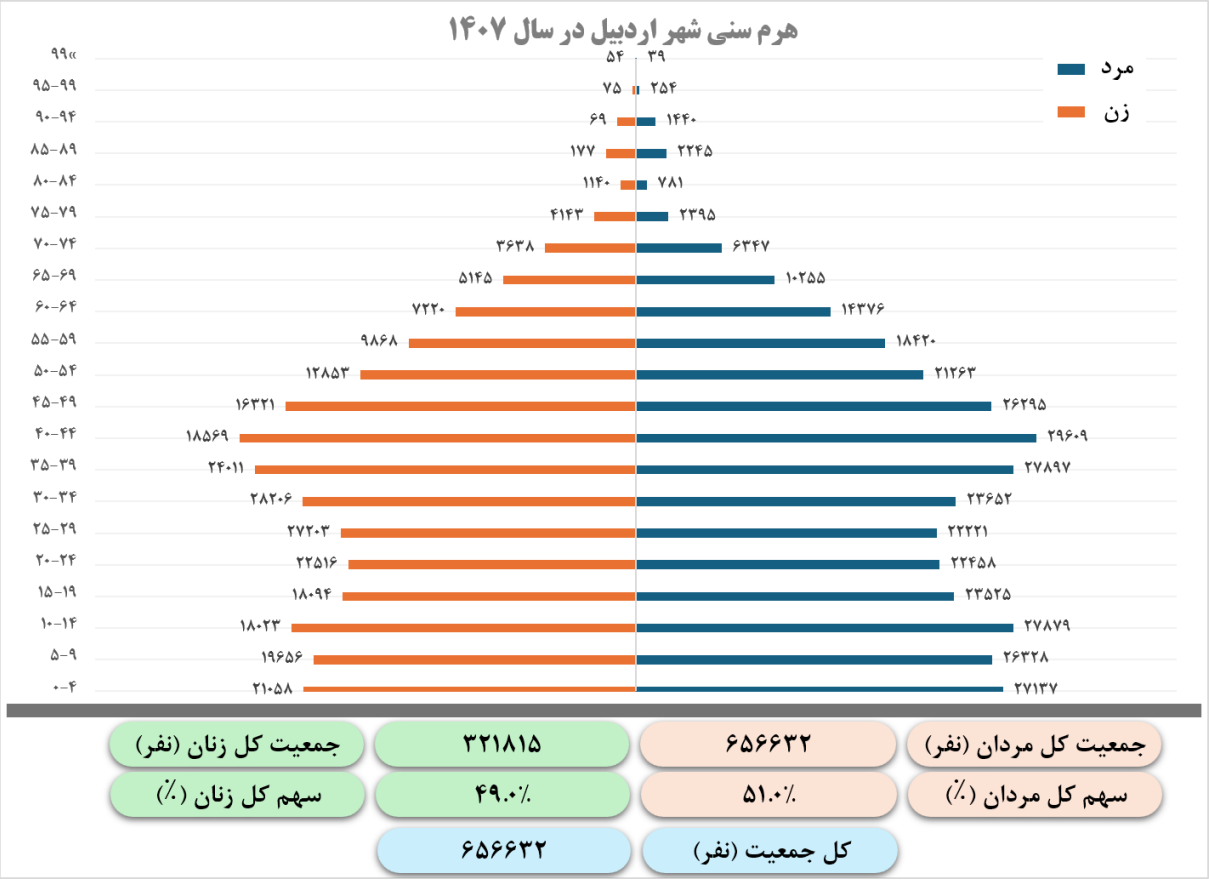
در ادامه با اعمال نسبت جنسی بدو تولد که معمولا ۱۰۵ پسر به ازای ۱۰۰ دختر فرض می شود، تعداد موالید دختر و پسر تفکیک شده و با اعمال احتمال بقاء نوزادان (S_b)، جمعیت گروه ۰ تا ۴ سال در سال ۱۴۰۷ به دست می آید.

۳. اعمال خالص مهاجرت[۱]: پارامتر سوم تاثیر مهاجرت بر جمعیت است. خالص مهاجرت برای هر رده سنی و جنسیتی در طول بازه ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۷ محاسبه و به جمعیت نهایی افزوده می شود.

$$P_{final}^{۱۴۰۷} = P_{Survived}^{۱۴۰۷} + (I - E)_{۱۴۰۲-۱۴۰۷}$$

در نهایت با تجمیع نتایج فوق، هرم سنی و جنسی جمعیت شهر اردبیل برای سال ۱۴۰۷ شکل می گیرد که نتایج کمی آن در نمودار ها و جداول آتی ارائه خواهد شد.

[۱] Net Migration



شکل ۳-۱۶ : هرم سنی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۷

بر اساس هرم سنی ترسیم شده در سال ۱۴۰۷، ساختار جمعیت شهر اردبیل تغییرات محسوسی را نسبت به سال های پایه (۱۳۹۵) نشان می دهد. شکل ۳-۱۸ نشان می دهد هرم سنی از حالت مثلثی (جمعیت جوان) فاصله گرفته و به شکل گلدانی یا استوانه ای تغییر کرده است.

جدول ۳-۷ : فراوانی مطلق و فراوانی نسبی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۰۷ بر اساس رده سنی

بازه سنی	فراوانی مطلق		فراوانی نسبی (درصد)	
	مرد	زن	مرد	زن
کمتر از ۴	۲۷۱۳۷	۲۴۵۷۴	۴.۱٪	۳.۷٪
بین ۵ تا ۹	۲۶۳۲۸	۲۳۸۳۸	۴.۰٪	۳.۶٪
بین ۱۰ تا ۱۴	۲۷۸۷۹	۲۵۴۶۵	۴.۲٪	۳.۹٪
بین ۱۵ تا ۱۹	۲۳۵۲۵	۲۱۶۸۷	۳.۶٪	۳.۳٪
بین ۲۰ تا ۲۴	۲۲۴۵۸	۲۱۲۷۴	۳.۴٪	۳.۲٪
بین ۲۵ تا ۲۹	۲۲۲۲۱	۲۱۸۲۱	۳.۴٪	۳.۳٪
بین ۳۰ تا ۳۴	۲۳۶۵۲	۲۴۶۱۹	۳.۶٪	۳.۷٪
بین ۳۵ تا ۳۹	۲۷۸۹۷	۲۸۱۹۷	۴.۲٪	۴.۳٪
بین ۴۰ تا ۴۴	۲۹۶۰۹	۲۹۳۱۰	۴.۵٪	۴.۵٪
بین ۴۵ تا ۴۹	۲۶۲۹۵	۲۵۹۱۱	۴.۰٪	۳.۹٪
بین ۵۰ تا ۵۴	۲۱۲۶۳	۲۰۳۶۱	۳.۲٪	۳.۱٪
بین ۵۵ تا ۵۹	۱۸۴۲۰	۱۶۸۰۵	۲.۸٪	۲.۶٪
بین ۶۰ تا ۶۴	۱۴۳۷۶	۱۳۳۳۱	۲.۲٪	۲.۰٪
بیش از ۶۴ سال	۲۳۷۵۶	۲۴۶۲۳	۳.۶٪	۳.۷٪
مجموع	۳۳۴۸۱۷	۳۲۱۸۱۵	۵۱.۰٪	۴۹.۰٪

۲-۹-۲-۱-۳- تحلیل هرم سنی جمعیت سال ۱۴۰۷

بر اساس تحلیل هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۴۰۷، می‌توان گفت:

۱. تقریباً در همه سنین، تعداد مردان و زنان نزدیک به هم است و اختلاف قابل توجهی ندارد.

۲. در گروه‌های سنی سالمندان (بیشتر از ۶۴ سال)، تعداد زنان (۲۴۶۲۳ نفر) بیشتر از تعداد مردان (۲۳۷۵۶ نفر) است. می‌توان این موضوع را به امید به زندگی بالاتر در زنان نسبت داد.

با توجه به محاسبات انجام شده با روش هرم سنی، جمعیت کل شهر اردبیل در پایان دوره ۵ ساله نخست (سال ۱۴۰۷) به ۶۵۶۶۳۲ نفر خواهد رسید. در این سال، ساختار جمعیت همچنان متاثر از پیک جمعیتی متولدین دهه های ۵۰ تا ۶۰ شمسی است که در این مقطع در گروه های سنی (۳۵ تا ۵۰ سال) متمرکز شده اند.

۱۰-۲-۱-۳- برآورد جمعیت برای سال ۱۴۱۲

پس از برآورد جمعیت سال ۱۴۰۷، لازم است برآورد جمعیت برای پنج ساله دوم (۱۴۱۲) انجام شود. همانند سال های قبل برای برآورد جمعیت در افق ۱۴۱۲، از روش تحلیل گروهی استفاده شده است. فرآیند محاسبات برای سال ۱۴۱۲ شامل سه گام اصلی است:

۱- جمعیت موجود در سال پایه (۱۴۰۷) با اعمال ضریب بقاء ۵ سال پیرتر شده و به گروه سنی بالاتر در سال ۱۴۱۲ منتقل می شوند.

۲- اعمال مهاجرت: مهاجرت پیش‌بینی‌شده برای هر رده سنی به جمعیت منتقل شده افزوده می‌شود.

۳- محاسبه موالید: جمعیت گروه سنی ۰ تا ۴ سال بر اساس نرخ باروی زنان در این دوره ۵ ساله محاسبه می گردد.

در ادامه روابط ریاضی حاکم بر مدل ارائه شده است.

محاسبات بر اساس دو رابطه بنیادی انتقال و تولد انجام می‌پذیرد:

رابطه انتقال کوهورت (برای جمعیت ۵ سال به بالا):

این رابطه نشان می‌دهد که جمعیت یک گروه سنی خاص در سال ۱۴۱۲، همان جمعیت گروه سنی ۵ سال جوان تر در سال ۱۴۰۷ است که از مرگ و میر جان سالم به در برده و مهاجرین به آن اضافه شده است.

$$P_{x+5,1412} = \left(P_{x,1407} \times S_x\right) + NM_{Net}$$

$P_{x,1407}$: جمعیت گروه سنی x در سال مبدأ ۱۴۰۷

S_x: نرخ بقا طی دوره ۵ساله

NM_{Net} : خالص مهاجرت در گروه سنی مربوطه

$P_{x+5,\ 1412}$ جمعیت برآورد شده در گروه سنی بالاتر در سال مقصد

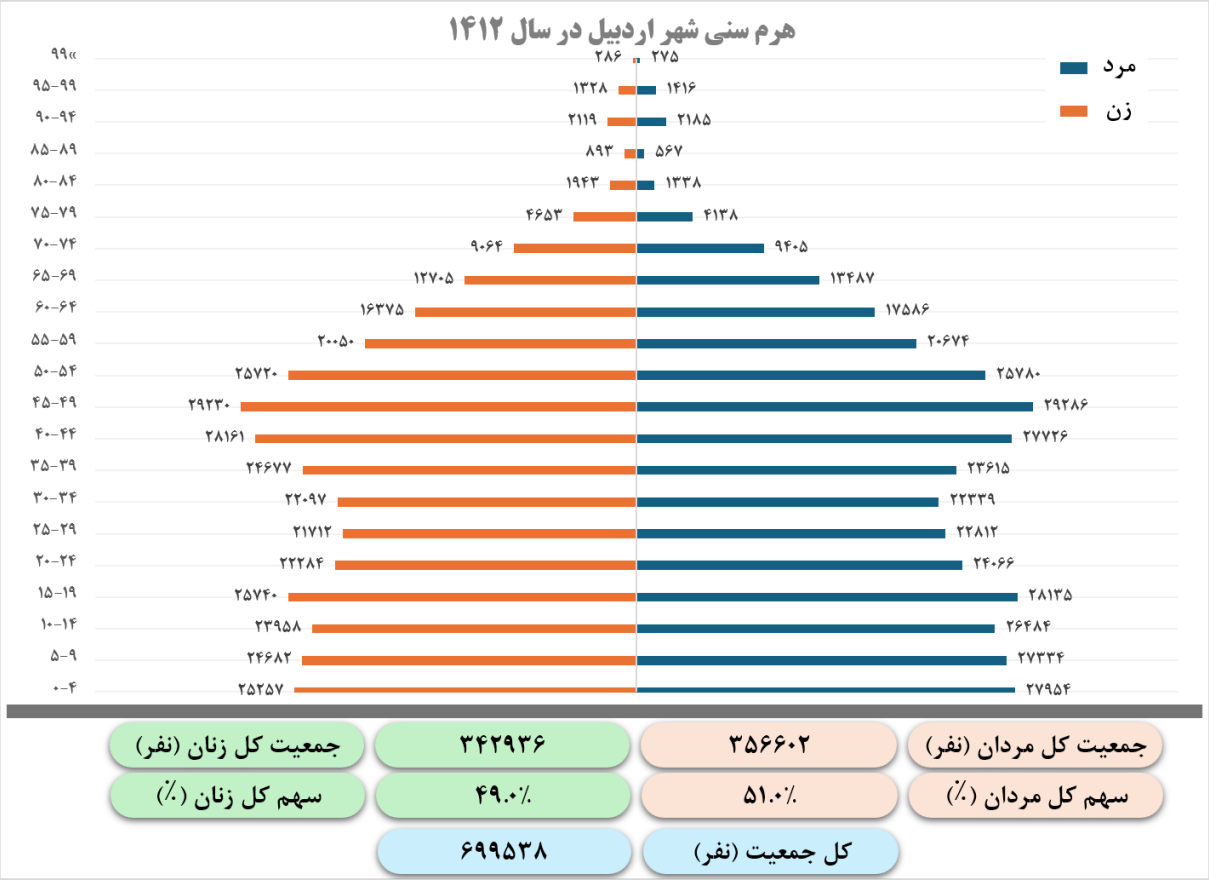
به‌عنوان‌مثال جمعیت مردان گروه سنی ۳۰ تا ۳۴ سال بررسی می شود. این گروه سنی، همان مردان ۲۵ تا ۲۹ سال در سال ۱۴۰۷ هستند که به این گروه سنی منتقل شده اند.

- جمعیت مبدأ (مردان ۲۵ تا ۲۹ سال در ۱۴۰۷) : ۲۲۲۲۱ نفر
- جمعیت مقصد (مردان ۳۰ تا ۳۴ سال در ۱۴۱۲) : ۲۲۳۳۹ نفر

$$P^{\text{مرد}}_{\text{۳۴ تا ۳۰,۱۴۱۲}} = (۲۲۲۲۱ \times S_{Rate}) + Migration$$

$$P^{\text{مرد}}_{\text{۳۴ تا ۳۰,۱۴۱۲}} = (۴۳۸۵۰ \times ۰.۹۷۷۳) + (۶۲۳) = ۲۲۳۳۹$$

- اثر مرگ‌ومیر: با اعمال ضریب بقای استاندارد برای این گروه سنی (حدود ۰.۹۷۷۳)، انتظار می رود حدود ۵۰۵ نفر فوت کرده و ۲۱۷۱۶ نفر زنده بمانند.
- اثر مهاجرت: اختلاف بین جمعیت زنده مانده و جمعیت نهایی، نشان‌دهنده خالص مهاجرت است.



شکل ۳-۱۷ : هرم سنی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۱۲

جدول ۳-۸ : فراوانی مطلق و فراوانی نسبی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۱۲

بازه سنی	فراوانی مطلق		فراوانی نسبی (درصد)	
	مرد	زن	مرد	زن
کمتر از ۴	۲۷۹۵۴	۲۵۲۵۷	۴.۰٪	۳.۶٪
بین ۵ تا ۹	۲۷۳۳۴	۲۴۶۸۲	۳.۹٪	۳.۵٪
بین ۱۰ تا ۱۴	۲۶۴۸۴	۲۳۹۵۸	۳.۸٪	۳.۴٪
بین ۱۵ تا ۱۹	۲۸۱۳۵	۲۵۷۴۰	۴.۰٪	۳.۷٪
بین ۲۰ تا ۲۴	۲۴۰۶۶	۲۲۲۸۴	۳.۴٪	۳.۲٪
بین ۲۵ تا ۲۹	۲۲۸۱۲	۲۱۷۱۲	۳.۳٪	۳.۱٪
بین ۳۰ تا ۳۴	۲۲۳۳۹	۲۲۰۹۷	۳.۲٪	۳.۲٪
بین ۳۵ تا ۳۹	۲۳۶۱۵	۲۴۶۷۷	۳.۴٪	۳.۵٪
بین ۴۰ تا ۴۴	۲۷۷۲۶	۲۸۱۶۱	۴.۰٪	۴.۰٪
بین ۴۵ تا ۴۹	۲۹۲۸۶	۲۹۲۳۰	۴.۲٪	۴.۲٪
بین ۵۰ تا ۵۴	۲۵۷۸۰	۲۵۷۲۰	۳.۷٪	۳.۷٪
بین ۵۵ تا ۵۹	۲۰۶۷۴	۲۰۰۵۰	۳.۰٪	۲.۹٪
بین ۶۰ تا ۶۴	۱۷۵۸۶	۱۶۳۷۵	۲.۵٪	۲.۳٪
بیش از ۶۴ سال	۳۲۸۱۱	۳۲۹۹۲	۴.۷٪	۴.۷٪
مجموع	**۳۵۶۶۰۲**	**۳۴۲۹۳۶**	**۵۱.۰٪**	**۴۹.۰٪**

مقایسه جدول ۳-۶ با ۳-۵ جهش قابل توجهی در سهم جمعیت سالمند از ۱۴۰۷ تا سال ۱۴۱۲ را نشان می دهد. در سال ۱۴۰۷ سهم جمعیت ۶۵ سال و بیشتر حدود ۷.۴ درصد است. این مقدار برای سال ۱۴۱۲ به ۹.۴ درصد افزایش یافته است.

۲-۱۰-۲-۱-۳- تحلیل هرم سنی جمعیت سال ۱۴۱۲

بر اساس تحلیل هرم سنی مردان و زنان در سال ۱۴۱۲ می‌توان گفت:

۱. تقریباً در همه سنین، تعداد مردان و زنان نزدیک به هم است و اختلاف قابل توجهی ندارد (نسبت جنسی حدود ۹۹).

۲. در گروه‌های سالمندی (بیشتر از ۶۴ سال)، تعداد زنان بیشتر از تعداد مردان است. می‌توان این موضوع را به امید به زندگی بالاتر در زنان نسبت داد.

۳. با توجه به افزایش قابل توجه تعداد جمعیت بالای ۶۴ سال (که در سال ۱۴۱۲ برای هر دو جنس از مرز ۶۵ هزار نفر عبور کرده است)، فشار بر خدمات بهداشتی و بازنشستگی به شدت افزایش خواهد یافت. همچنین از لحاظ

حمل‌ونقل، با توجه به اینکه حدود ۱۰ درصد جمعیت را سالمندان تشکیل می‌دهند، سفر این قشر بیشتر محلی، درمانی و اجتماعی است و از نظر زمان‌بندی، برخلاف شاغلان فشار زیادی بر روی ساعات اوج حمل‌ونقل وارد نمی‌کند.

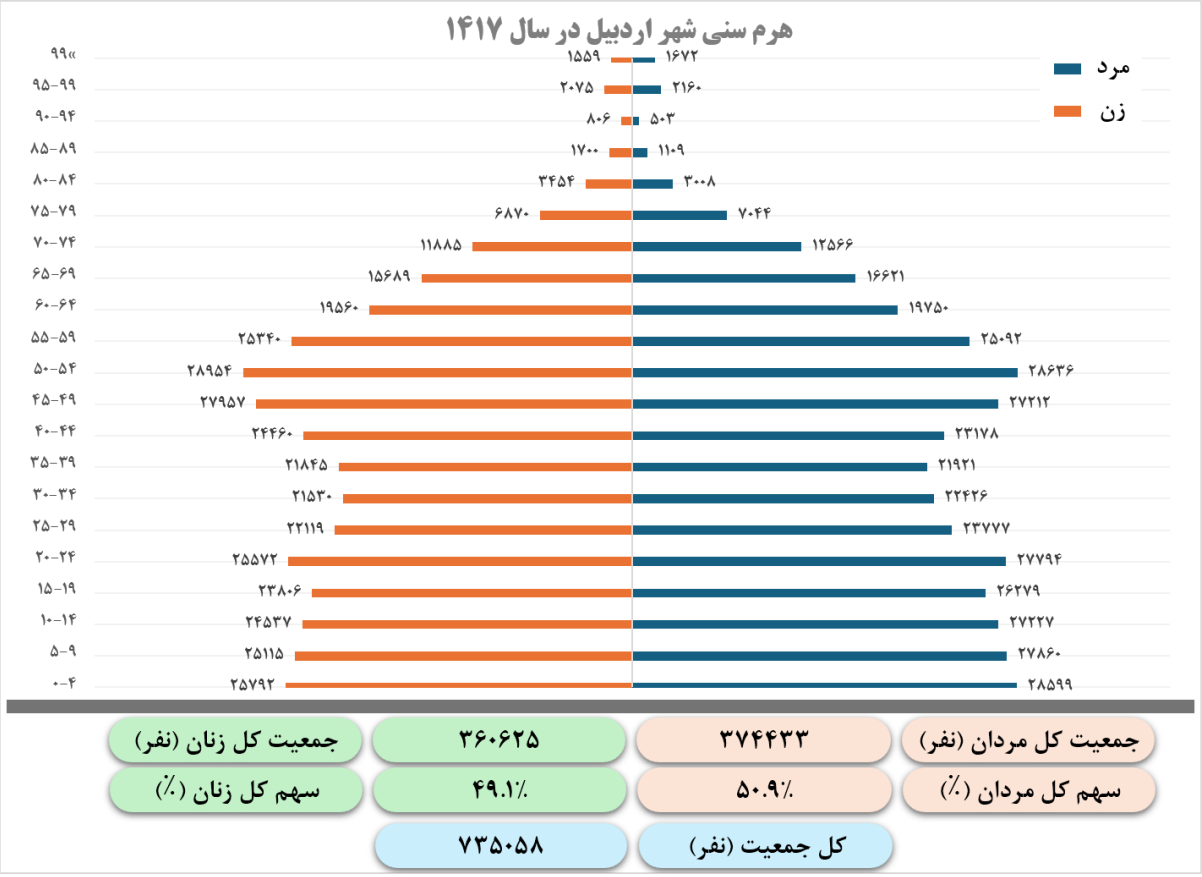
۴. جمعیت ۲۰ تا ۳۵ سال (نیروی کار جوان) نسبت به گروه‌های میانسال کمتر و به صورت کاهشی است. علت این امر، کاهش نرخ باروری در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ شمسی و شرایط اقتصادی/اجتماعی آن دوران است که اکنون در سال ۱۴۱۲ به سنین فعالیت و کار رسیده‌اند.

۱۱-۲-۱-۳- برآورد جمعیت برای سال ۱۴۱۷

پس از تحلیل سال پایه و بررسی افق‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت، این بخش به تشریح وضعیت در سومین بازه ۵ ساله، یعنی سال افق ۱۴۱۷ اختصاص دارد. هدف از تفکیک این بازه‌ها، رصد دقیق تغییرات ساختاری جمعیت و انطباق پروژه‌های زیرساختی با نیازهای واقعی شهروندان در هر مقطع زمانی است.

در ادامه فرآیند گام‌به‌گام پیش‌بینی جمعیت و پس از تحلیل بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت (۱۴۰۲) و میان‌مدت (۱۴۰۷)، ویژگی های جمعیت (وضعیت دموگرافیک) کلانشهر اردبیل در سومین بازه ۵ ساله، یعنی سال ۱۴۱۷ مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مقطع زمانی به عنوان افق بلند مدت، از اهمیت ویژه‌ای در برآورد تقاضای نهایی و طراحی ظرفیت شبکه حمل‌ونقل برخوردار است.

بر اساس محاسبات، جمعیت کل شهر اردبیل در سال ۱۴۱۷ برابر با ۷۳۵۰۵۸ نفر برآورد گردیده است. توزیع جنسیتی این جمعیت شامل ۳۷۴۴۳۳ نفر مرد و ۳۶۰۶۲۵ نفر زن می‌باشد.



شکل ۳-۱۸ : هرم سنی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۱۷

جدول ۳-۹ : فراوانی مطلق و فراوانی نسبی جمعیت مردان و زنان در سال ۱۴۱۷

بازه سنی	فراوانی مطلق		فراوانی نسبی (درصد)	
	مرد	زن	مرد	زن
کمتر از ۴	۲۸۵۹۹	۲۵۷۹۲	۴.۱٪	۳.۷٪
بین ۵ تا ۹	۲۷۸۶۰	۲۵۱۱۵	۴.۰٪	۳.۶٪
بین ۱۰ تا ۱۴	۲۷۲۲۷	۲۴۵۳۷	۳.۹٪	۳.۵٪
بین ۱۵ تا ۱۹	۲۶۲۷۹	۲۳۸۰۶	۳.۸٪	۳.۴٪
بین ۲۰ تا ۲۴	۲۷۷۹۴	۲۵۵۷۲	۴.۰٪	۳.۷٪
بین ۲۵ تا ۲۹	۲۳۷۷۷	۲۲۱۱۹	۳.۴٪	۳.۲٪
بین ۳۰ تا ۳۴	۲۲۴۲۶	۲۱۵۳۰	۳.۲٪	۳.۱٪
بین ۳۵ تا ۳۹	۲۱۹۲۱	۲۱۸۴۵	۳.۱٪	۳.۱٪
بین ۴۰ تا ۴۴	۲۳۱۷۸	۲۴۴۶۰	۳.۳٪	۳.۵٪
بین ۴۵ تا ۴۹	۲۷۲۱۲	۲۷۹۵۷	۳.۹٪	۴.۰٪
بین ۵۰ تا ۵۴	۲۸۶۳۶	۲۸۹۵۴	۴.۱٪	۴.۱٪
بین ۵۵ تا ۵۹	۲۵۰۹۲	۲۵۳۴۰	۳.۶٪	۳.۶٪
بین ۶۰ تا ۶۴	۱۹۷۵۰	۱۹۵۶۰	۲.۸٪	۲.۸٪
بیش از ۶۴ سال	۸۶۴۱۷	۹۱۷۲۸	۶.۱٪	۶.۰٪
مجموع	**۳۷۴۴۳۳**	**۳۶۰۶۲۵**	**۵۰.۹٪**	**۴۹.۱٪**

۲-۱۱-۲-۱-۳- تحلیل هرم سنی جمعیت سال ۱۴۱۷

۱. تقریباً در گروه‌های سنی پایین و میانی، تعداد مردان و زنان نزدیک به هم است؛ اما در مجموع کل جمعیت، تعداد زنان کمی پیشی گرفته است.

۲. در گروه‌های سالمندی (بیشتر از ۶۴ سال)، تعداد زنان به‌طور محسوسی بیشتر از تعداد مردان است. می‌توان این موضوع را به امید به زندگی بالاتر در زنان نسبت داد (پدیده زنانه شدن سالمندی).

۳. با توجه به افزایش چشمگیر تعداد جمعیت بالای ۶۵ سال (که در این سال به حدود ۱۲.۱ درصد کل جمعیت رسیده است)، در آینده خدمات بهداشتی و بازنشستگی فشار بسیار بیشتری خواهد داشت. همچنین از لحاظ حمل‌ونقلی، سفر سالمندان بیشتر محلی، درمانی و اجتماعی است و از نظر زمان‌بندی، برخلاف شاغلان فشار زیادی بر روی ساعات اوج حمل‌ونقل وارد نمی‌کند (اما تقاضای کلی را در ساعات میانی روز افزایش می‌دهد).

۴. جمعیت گروه‌های سنی ۳۵ تا ۴۹ سال نسبت به گروه‌های بالاتر و پایین‌تر خود کمتر است. علت این امر، سیاست کنترل جمعیت و شرایط اقتصادی/اجتماعی دهه‌های ۷۰ و ۸۰ شمسی است که اکنون به این بازه سنی منتقل شده‌اند.

۱۲-۲-۱-۳- توزیع جمعیت در نواحی ترافیکی

در ساختار کلاسیک مدل‌سازی تقاضای حمل‌ونقل (مدل چهارمرحله‌ای)، دقت در برآورد متغیرهای مستقل[۱] در سطح نواحی ترافیکی، سنگ‌بنای اعتبار مدل‌های تولید و جذب سفر محسوب می‌شود. بر اساس فصل نهم ضابطه شماره ۸۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور (دستورالعمل پیش‌بینی متغیرهای جانبی)، پس از برآورد جمعیت کل شهر در سال افق (که معمولاً از روش‌های جمعیت‌شناسی کلان مانند ترکیبی یا بقای گروهی حاصل می‌شود)، گام حیاتی بعدی، توزیع فضایی این جمعیت بین نواحی ترافیکی[۲] است.

اهمیت این گام در مطالعات جامع اردبیل از آنجایی دوچندان می‌شود که الگوهای توسعه شهری در این کلان‌شهر، ترکیبی پیچیده از بافت‌های پر تراکم مرکزی، سکونتگاه‌های غیررسمی حاشیه‌ای و اراضی توسعه آتی است. روش پیشنهادی ضابطه ۸۰۱ برای این منظور، یک رویکرد پایین به بالا با کنترل ظرفیت است که بر تعامل میان کاربری اراضی و ظرفیت‌های قانونی طرح‌های توسعه شهری استوار است. در این بخش از گزارش، الگوریتم دقیق این روش، مبانی ریاضی، گام‌های اجرایی و ملاحظات فنی آن به تفصیل تشریح می‌گردد.

روش مورد بحث، بر این اصل استوار است که تغییرات جمعیت در سطح یک ناحیه ترافیکی، تابعی از ظرفیت پذیری آن ناحیه است. برخلاف روش‌های ساده‌انگارانه‌ای که نرخ رشد یکسانی را به تمام نواحی شهر اعمال می‌کنند، این روش نواحی شهر را به عنوان ظروف مرتبطی می‌بیند که هر کدام گنجایش مشخصی برای پذیرش جمعیت دارند.

در این روش‌شناسی، فرض‌های بنیادین زیر حاکم است:

- تبعیت از اسناد فرادست: توزیع جمعیت نمی‌تواند مستقل از ضوابط شهرسازی باشد. سقف جمعیت هر ناحیه توسط تراکم ساختمانی مجاز و سطح کاربری مسکونی در طرح تفصیلی تعیین می‌شود.
- اولویت پر شدن ظرفیت: جمعیت اضافی (رشد یافته) ابتدا تمایل دارد در نواحی دارای ظرفیت خالی[۳] و سپس در نواحی توسعه جدید[۴] مستقر شود.
- پویایی تراکم: تراکم نفر در هکتار[۵] در طول زمان ثابت نیست و بسته به سیاست‌های تراکم‌فروشی یا نوسازی بافت فرسوده، تغییر می‌کند.

الگوریتم پیشنهادی توزیع جمعیت را می‌توان در یک فرآیند پنج مرحله‌ای تبیین نمود. در این بخش، فرمول‌بندی ریاضی هر مرحله ارائه می‌گردد.

---

۱ Exogenous Variables
۲ Traffic Analysis Zones - TAZ
۳ Infill Development
۴ Expansion Areas
۵ Gross/Net Density

گام اول. دسته‌بندی نواحی ترافیکی: پیش از هرگونه محاسبات، نواحی ترافیکی شهر اردبیل (Z_i) باید بر اساس وضعیت توسعه‌یافتگی به سه دسته تقسیم شوند:

- دسته اول نواحی اشباع[۱]: نواحی که در سال پایه، تمام اراضی مسکونی آن‌ها ساخته شده و تراکم جمعیت به سقف مجاز طرح تفصیلی رسیده است. در این نواحی، رشد جمعیت یا صفر است یا بسیار محدود (صرفاً ناشی از افزایش ارتفاع ساختمان‌ها).
- دسته دوم نواحی در حال توسعه[۲]: نواحی که بخشی از اراضی آن‌ها ساخته شده اما هنوز دارای قطعات زمین خالی با کاربری مسکونی هستند.
- دسته سوم نواحی توسعه آتی[۳]: اراضی پیرامونی شهر که در حال حاضر خالی از سکنه یا دارای بافت روستایی‌اند، اما در طرح جامع برای اسکان سرریز جمعیت افق در نظر گرفته شده‌اند (مانند شهرک‌های جدید اقماری).

گام دوم. محاسبه ظرفیت برد[۴]: قلب تپنده این الگوریتم، محاسبه حداکثر جمعیت قابل اسکان در هر ناحیه ترافیکی (CAP_i) است. این پارامتر بر اساس اطلاعات طرح جامع شهرسازی و تفصیلی محاسبه می‌شود:

$$CAP_i = \sum_k Area_{i,k} \times \eta_k \times D_k^{max}$$

در این رابطه:

$Area_{i,k}$: مساحت خالص کاربری مسکونی در ناحیه i برای پهنه تراکمی k (مثلاً R۱۲۲, R۲۳۱ و غیره).

η: ضریب تحقق پذیری[۵] است. این ضریب معمولاً بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۵ در نظر گرفته می‌شود تا تفاوت بین تراکم قانونی و تراکم واقعی اجرا شده را پوشش دهد.

D_k^{max}: حداکثر تراکم نفر در هکتار مجاز برای پهنه k طبق ضوابط شهرسازی.

نکته فنی: در صورتی که طرح تفصیلی تراکم را به صورت "تعداد واحد مسکونی در هکتار" ارائه داده باشد، باید با ضرب آن در بعد خانوار برآوردی، به نفر در هکتار تبدیل شود.

---

۱ Saturated Zones
۲ Developing Zones
۳ Future Zones
۴ Holding Capacity
۵ Realization Factor

گام سوم. محاسبه ظرفیت باقیمانده[۱]: برای هر ناحیه، میزان گنجایش خالی برای پذیرش جمعیت جدید ($ResCap_i$) محاسبه می‌شود:

$$ResCap_i = max(0, CAP_i - P_i^{Base})$$

که در آن P_i^{Base} جمعیت سال پایه ناحیه (وضع موجود) است. اگر عدد حاصل منفی باشد، نشان‌دهنده این است که ناحیه بیش از ظرفیت مجاز تراکم دارد[۲] و باید در افق طرح، سیاست‌های تثبیت یا کاهش جمعیت برای آن در نظر گرفته شود.

گام چهارم. تعیین سهم‌پذیری نواحی[۳]: کل رشد جمعیت شهر در افق طرح (ΔP_{Total}) باید بین نواحی دارای ظرفیت باقیمانده توزیع شود. این روش پیشنهاد می‌کند که این توزیع متناسب با پتانسیل توسعه هر ناحیه باشد. وزن یا پتانسیل جذب هر ناحیه (W_i) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$W_i = ResCap_i \times A_i$$

که در آن A_i ضریب جذابیت[۴] ناحیه است. در ساده‌ترین حالت، برابر با یک فرض می‌شود (توزیع صرفاً بر اساس زمین خالی). اما در مدل‌های پیشرفته‌تر توصیه می‌شود، A_i تابعی است از: دسترسی به شبکه حمل‌ونقل (فاصله تا ایستگاه‌های مترو و BRT). قیمت زمین. کیفیت محیطی.

گام پنج. تخصیص اولیه و کنترل حلقه: جمعیت تخصیص یافته به هر ناحیه (ΔP_i) در مرحله اول محاسبه می‌شود:

$$\Delta P_i = \Delta P_{Total} \times \frac{W_i}{\sum_j W_j}$$

پس از این تخصیص، جمعیت نهایی ناحیه (P_i^{Future}) محاسبه می‌شود:

$$P_i^{Future} = P_i^{Base} + \Delta P_i$$

کنترل حد ظرفیت: در این مرحله باید چک شود که آیا $P_i^{Future} \leq CAP_i$ است یا خیر. اگر در برخی نواحی، جمعیت تخصیص یافته از ظرفیت برد بیشتر شود، مقدار مازاد[۵] جدا شده و مجدداً بین سایر نواحی که هنوز ظرفیت خالی

[۱] Residual Capacity
[۲] Over-saturated
[۳] Zonal Allocation Logic
[۴] Attractiveness Factor
[۵] Overflow

دارند، سرشکن می‌شود. این فرآیند تکرار[1] تا زمانی که تمام جمعیت در نواحی جایابی شوند و هیچ ناحیه‌ای از ظرفیت خود تجاوز نکند، ادامه می‌یابد.

جدول ۳-۱۰ : برآورد جمعیت نواحی ترافیکی محدوده مورد مطالعه

ناحیه ترافیکی	سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱	۰	۰	۰	۰
۲	۲۰۵۵	۱۹۴۴	۱۸۳۹	۱۷۴۰
۳	۴۸۷۰	۵۱۷۲	۶۲۹۲	۷۵۴۶
۴	۴۹۴۱	۵۳۷۶	۶۸۴۰	۸۹۰۱
۵	۲۳۷۵	۲۴۶۵	۲۷۰۳	۳۱۶۶
۶	۳۶۲۱	۴۰۶۰	۳۹۴۱	۳۸۲۶
۷	۱۲۲۸	۱۰۲۸	۸۶۰	۷۲۰
۸	۲۱۰۷	۲۳۷۹	۲۸۹۰	۲۹۸۶
۹	۲۹۱	۲۱۴	۱۵۷	۱۲۰
۱۰	۲۹۸۸	۳۰۳۹	۳۸۲۹	۴۹۳۴
۱۱	۳۴۴۰	۳۷۴۲	۴۳۹۳	۵۲۴۷
۱۲	۹۲۶۳	۸۸۲۹	۸۵۶۱	۸۳۰۲
۱۳	۶۸۰۹	۷۳۹۱	۸۳۸۰	۹۶۱۹
۱۴	۲۶۶۸	۲۶۹۸	۲۸۵۸	۳۰۷۰
۱۵	۳۷۵۰	۲۹۸۲	۲۳۷۱	۱۸۱۶
۱۶	۳۳۷۴	۳۶۶۹	۴۰۶۹	۴۰۶۹
۱۷	۳۷۶۳	۳۶۷۳	۳۵۸۴	۳۴۹۷
۱۸	۲۰۴۳	۲۱۸۲	۲۵۰۰	۲۹۱۳
۱۹	۴۶۸۹	۵۴۹۹	۵۵۲۳	۵۵۲۳
۲۰	۲۷۸۹	۳۵۱۱	۳۵۳۳	۳۵۳۳
۲۱	۱۰۰۱	۱۱۹۶	۱۲۹۲	۱۲۹۲
۲۲	۵۶۰۹	۵۶۰۹	۵۶۰۹	۵۶۰۹
۲۳	۲۸۱۵	۲۹۰۵	۳۰۷۵	۲۷۲۵
۲۴	۳۸۳۹	۴۱۲۰	۳۷۰۴	۳۳۲۹
۲۵	۲۳۴۹	۲۶۱۷	۳۰۴۰	۳۰۴۰
۲۶	۴۶۴۷	۵۸۸۷	۶۱۷۱	۶۱۷۱

[1] Iteration

ناحیه ترافیکی	سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۲۷	۱۰۹۹۳	۱۰۹۹۳	۱۰۹۹۳	۱۰۹۹۳
۲۸	۴۸۷۷	۴۹۹۶	۵۰۰۰	۵۰۰۰
۲۹	۱۷۱۴	۱۶۶۱	۱۶۰۹	۱۵۶۰
۳۰	۶۷۲۳	۷۰۳۱	۷۵۲۶	۸۱۳۰
۳۱	۱۰۳۳۵	۱۱۸۰۴	۱۲۱۲۴	۱۲۱۲۴
۳۲	۶۶۰۹	۸۶۷۵	۸۹۳۳	۸۹۳۳
۳۳	۲۸۷۱	۳۰۴۰	۳۸۶۶	۳۹۵۷
۳۴	۸۴۹۴	۸۵۹۳	۸۹۳۷	۹۷۷۶
۳۵	۲۵۱۴	۳۲۹۰	۴۰۵۲	۴۰۵۲
۳۶	۶۳۹۹	۸۱۷۸	۹۹۹۲	۹۹۹۲
۳۷	۲۰۱۲	۲۴۲۸	۲۵۶۹	۲۵۶۹
۳۸	۵۹۱۲	۶۲۲۴	۷۳۹۴	۹۶۶۴
۳۹	۷۹۵۴	۸۸۵۲	۸۹۱۰	۸۹۱۰
۴۰	۳۴۷۶	۳۷۹۷	۴۳۱۸	۴۷۸۲
۴۱	۲۱۰۹	۱۸۷۸	۱۶۷۳	۱۴۹۰
۴۲	۰	۰	۰	۰
۴۳	۲۴۱۳	۲۵۹۴	۳۰۶۷	۴۰۰۲
۴۴	۰	۰	۰	۰
۴۵	۷۶۸	۷۰۹	۶۵۵	۶۰۴
۴۶	۲۸۷۷	۲۹۲۰	۳۰۶۰	۲۶۴۴
۴۷	۵۲۶۶	۵۵۰۶	۵۹۰۹	۶۶۴۱
۴۸	۰	۰	۰	۰
۴۹	۲۵۴۲	۲۸۹۶	۳۴۹۱	۳۸۷۵
۵۰	۳۴۴۷	۳۷۱۲	۴۱۲۵	۴۲۵۰
۵۱	۳۲۳۵	۳۴۹۲	۳۹۱۵	۴۴۸۰
۵۲	۱۵۱۸	۱۷۴۹	۱۹۰۹	۱۹۰۹
۵۳	۳۸۱۴	۳۸۴۹	۳۹۶۲	۴۲۳۰
۵۴	۲۸۲۱	۲۸۴۴	۲۸۴۶	۲۸۴۶
۵۵	۲۹۲۷	۳۰۳۶	۳۰۴۳	۳۰۴۳
۵۶	۴۹۰۶	۵۱۲۹	۵۷۲۱	۵۷۲۱
۵۷	۳۷۵۷	۴۱۰۴	۳۸۰۵	۳۵۲۹

ناحیه ترافیکی	سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۵۸	۶۷۹۷	۸۸۰۸	۸۹۳۸	۸۹۳۸
۵۹	۷۴۳۸	۹۰۳۴	۹۱۳۷	۹۱۳۷
۶۰	۶۴۷۵	۶۲۷۹	۶۰۸۹	۵۹۰۴
۶۱	۴۶۴۷	۴۹۶۴	۶۰۱۳	۸۷۷۱
۶۲	۲۱۴۷	۲۱۸۲	۲۵۲۷	۳۶۲۷
۶۳	۰	۰	۰	۰
۶۴	۰	۰	۰	۰
۶۵	۳۵۴۸	۴۰۹۳	۴۱۲۸	۴۱۲۸
۶۶	۳۳۹۸	۳۳۷۰	۳۳۴۳	۳۳۱۶
۶۷	۴۸۹۴	۵۳۴۷	۶۴۸۵	۶۵۸۵
۶۸	۳۹۵۸	۴۴۹۶	۴۴۶۸	۴۴۴۱
۶۹	۶۲۶۷	۶۳۰۲	۶۳۰۴	۶۳۰۴
۷۰	۷۱۵۹	۷۵۵۶	۷۵۸۱	۷۵۸۱
۷۱	۳۱۷۵	۳۳۲۲	۳۵۷۷	۴۰۵۰
۷۲	۴۰۸۰	۴۰۸۰	۴۰۸۰	۴۰۸۰
۷۳	۳۳۴۰	۲۹۷۶	۲۳۶۶	۱۸۱۲
۷۴	۷۰۴	۵۱۶	۳۷۹	۲۹۰
۷۵	۱۳۲۲	۱۴۲۶	۱۶۰۸	۱۹۵۳
۷۶	۱۹۱۷	۲۲۱۸	۲۷۲۲	۲۹۲۷
۷۷	۱۴۴	۱۰۶	۷۸	۵۹
۷۸	۶۰۹۷	۶۹۸۳	۸۴۵۳	۸۹۶۲
۷۹	۵۴۲۲	۵۴۰۰	۵۳۷۹	۵۳۵۸
۸۰	۵۳۹۱	۵۳۹۰	۵۳۹۰	۵۳۹۰
۸۱	۶۲۱۲	۶۲۱۸	۶۲۱۹	۶۲۱۹
۸۲	۷۰۶	۷۰۴	۷۰۴	۷۰۴
۸۳	۲۹۱	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰
۸۴	۰	۰	۰	۰
۸۵	۳۰۸۴	۳۰۸۲	۳۰۸۲	۳۰۸۲
۸۶	۲۷۱	۲۷۱	۲۷۱	۲۷۱
۸۷	۶۳۲۱	۶۳۱۲	۶۳۱۲	۶۳۱۱
۸۸	۴۷۳۲	۴۷۳۱	۴۷۳۱	۴۷۳۱

ناحیه ترافیکی	سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۸۹	۶۰۴۵	۶۰۳۶	۶۰۳۵	۶۰۳۵
۹۰	۶۳۸۱	۶۳۷۱	۶۳۷۰	۶۳۷۰
۹۱	۷۶۵۸	۷۶۴۱	۷۶۴۰	۷۶۳۹
۹۲	۳۷۷۷	۳۷۶۷	۳۷۶۶	۳۷۶۶
۹۳	۷۷۱۷	۸۴۹۴	۸۵۵۴	۸۵۵۵
۹۴	۸۳۷۱	۹۲۱۳	۹۲۷۸	۹۲۸۰
۹۵	۷۷	۴۴۶	۱۱۹۳	۱۸۱۶
۹۶	۴۲۷۱	۴۶۷۲	۴۷۰۲	۴۷۰۳
۹۷	۱۴۱	۸۱۷	۱۵۰۷	۱۷۲۱
۹۸	۴۸۶۳	۵۰۳۲	۵۰۴۴	۵۰۴۵
۹۹	۴۴۹۱	۴۴۹۱	۴۴۹۱	۴۴۹۱
۱۰۰	۴۳۳	۲۵۲۰	۶۷۳۷	۱۰۴۸۶
۱۰۱	۰	۰	۰	۰
۱۰۲	۳۱۳۴	۳۱۲۸	۳۱۲۸	۳۱۲۸
۱۰۳	۱۲۲۳۷	۱۲۷۹۸	۱۲۸۳۹	۱۲۸۴۰
۱۰۴	۵۹	۳۴۵	۹۲۱	۱۱۱۵
۱۰۵	۱۶۴۰	۴۸۶۹	۵۷۶۴	۶۰۴۰
۱۰۶	۱۲۸۱۶	۱۴۵۴۳	۱۷۶۵۴	۱۸۶۹۲
۱۰۷	۱۰۳۸۸	۱۹۲۱۳	۲۲۰۳۰	۳۰۲۷۸
۱۰۸	۲۴۱۲	۵۹۱۱	۶۷۷۸	۷۰۰۲
۱۰۹	۰	۰	۰	۰
۱۱۰	۶۲۰۱	۶۷۶۵	۷۰۱۲	۷۰۷۰
۱۱۱	۶۳۴	۶۴۴	۶۴۹	۶۵۰
۱۱۲	۳۷۷	۲۰۱۵	۱۰۲۳۱	۱۲۹۷۲
۱۱۳	۲۶۰۱	۱۹۰۹	۱۴۰۱	۱۰۷۲
۱۱۴	۷۱۲۱	۷۱۲۱	۷۱۲۱	۷۱۲۱
۱۱۵	۴۶۷۸	۴۶۷۸	۴۶۷۸	۴۶۷۸
۱۱۶	۱۷۹۱	۱۹۵۳	۲۰۲۵	۲۰۴۲
۱۱۷	۶۱۵۸	۴۸۳۴	۳۶۶۶	۲۸۰۷
۱۱۸	۵۸۵۲	۴۴۳۹	۳۳۶۷	۲۵۷۸
۱۱۹	۴۷۲۸	۴۷۰۲	۴۶۷۷	۴۶۵۲

ناحیه ترافیکی	سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۲۰	۵۶۲۹	۴۲۷۰	۳۲۳۹	۲۴۸۰
۱۲۱	۶۴۲۳	۶۶۰۹	۶۶۸۶	۶۷۰۴
۱۲۲	۶۲۱۵	۵۵۰۴	۴۲۸۱	۳۳۳۰
۱۲۳	۲۶۸۷	۲۴۵۶	۲۱۱۷	۱۸۲۵
۱۲۴	۶۰۹۳	۴۷۸۳	۳۶۲۸	۲۷۷۸
۱۲۵	۴۵۶۱	۴۵۹۷	۴۶۱۲	۴۶۱۵
۱۲۶	۳۰۹۶	۲۲۷۲	۱۶۶۷	۱۲۷۷
۱۲۷	۴۳۰۱	۴۵۳۹	۴۶۴۰	۴۶۶۴
۱۲۸	۳۱۱۱	۲۹۰۹	۲۳۱۳	۱۷۷۱
۱۲۹	۲۱۶۳	۱۵۸۷	۱۱۶۵	۸۹۲
۱۳۰	۵۰۱۷	۶۹۹۸	۷۵۲۱	۷۵۲۱
۱۳۱	۷۳۱۷	۹۴۱۱	۱۳۵۵۲	۱۴۵۸۲
۱۳۲	۱۳۶۵	۱۳۴۴	۱۳۲۴	۱۳۰۴
۱۳۳	۶۶۶۷	۵۷۹۳	۴۳۹۴	۳۳۶۴
۱۳۴	۳۵۱۶	۳۸۸۶	۴۵۳۴	۵۸۸۱
۱۳۵	۵۰۴۸	۴۶۹۰	۳۸۸۵	۳۲۱۸
۱۳۶	۵۴۲۸	۵۲۶۱	۵۱۰۰	۴۹۴۳
۱۳۷	۳۰۲۱	۲۹۵۰	۲۳۴۸	۱۷۹۸
۱۳۸	۲۶۳۵	۳۰۹۰	۴۲۴۴	۴۲۷۱
۱۳۹	۲۵۱۷	۴۰۹۴	۴۰۹۴	۴۰۹۴
۱۴۰	۲۱۴۷	۲۷۵۶	۴۰۳۶	۶۱۳۳
۱۴۱	۴۴۷۲	۴۳۶۸	۴۲۶۶	۴۱۶۶
۱۴۲	۰	۰	۰	۰
۱۴۳	۳۷۳۰	۴۲۶۵	۴۳۷۳	۵۰۵۰
۱۴۴	۲۶۲۳	۲۵۵۲	۲۴۸۲	۱۹۰۰
۱۴۵	۱۶۱۵	۲۳۷۶	۳۷۲۵	۴۳۶۳
۱۴۶	۷۶۲۲	۷۹۱۰	۷۹۱۰	۷۹۱۰
۱۴۷	۵۹۴۴	۵۳۳۹	۴۷۹۶	۳۶۷۲
۱۴۸	۳۹۳۱	۴۵۶۳	۴۸۶۸	۵۹۲۵
۱۴۹	۲۳۷۴	۳۶۰۹	۵۶۸۰	۸۶۳۳
۱۵۰	۹۶۸۵	۹۶۸۵	۹۶۸۵	۹۶۸۵

ناحیه ترافیکی	سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۵۱	۷۶۱۰	۸۱۱۵	۸۹۳۹	۱۰۶۴۰
۱۵۲	۶۸۵۵	۶۸۵۵	۶۸۵۵	۶۸۵۵
۱۵۳	۲۲	۸۴	۱۲۷	۴۲۶
۱۵۴	۰	۰	۰	۰
۱۵۵	۴۲۰۲	۵۱۲۲	۵۱۲۲	۵۱۲۲

۳-۱-۳- پیش‌بینی اشتغال

در این بخش از گزارش متدولوژی به‌کاررفته جهت برآورد متغیرهای کلیدی «تعداد شاغلین ساکن[۱]» و «تعداد شاغلین در محل شغل[۲]» در چارچوب مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری تدوین شده است. دقت در برآورد این دو متغیر، به عنوان ورودی‌های بنیادین مدل‌های «تولید سفر[۳]» و «جذب سفر[۴]»، نقشی حیاتی در کالیبراسیون مدل‌های چهارمرحله‌ای تقاضا و برآورد ماتریس مبدأ-مقصد ایفا می‌کند. ساختار این بخش از گزارش بر اساس الزامات فنی «ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور» (دستورالعمل انجام مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری و حومه) و با تلفیق روش‌های نوین آماری، اقتصادسنجی و جمعیت‌شناسی بنا شده است.

در ادامه نخست، مبانی نظری و روش‌های متداول بین‌المللی و داخلی برای برآورد اشتغال (شامل تحلیل‌های پایه اقتصادی، روش‌های تغییر سهم، و مدل‌های تعامل کاربری-حمل‌ونقل) به تفصیل و با نگاهی انتقادی بررسی شده است. سپس، که بدنه اصلی این بخش از گزارش را تشکیل می‌دهد، متدولوژی اختصاصی توسعه‌یافته در این مطالعه تشریح می‌شود. این متدولوژی برای برآورد شاغلین ساکن از رویکرد «پیش‌بینی ترکیبی[۵]» با استفاده از میانگین‌گیری بین دو مدل «شرایط ایده‌آل» و «نرخ تکفل» بهره برده است که بر اساس داده‌های سری زمانی سرشماری‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ کالیبره شده‌اند. توزیع ناحیه‌ای این شاغلین بر اساس الگوی سال پایه ۱۴۰۲ (توزیع ثابت) صورت پذیرفته است. در نهایت، برای برآورد شاغلین در محل شغل، انطباق کامل با روش پیشنهادی ضابطه ۸۰۱ دارد.

۱-۳-۱-۳- مقدمه و کلیات

در نظام‌های پیشرفته برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری، اشتغال تنها یک شاخص کلان اقتصادی نیست، بلکه به عنوان موتور محرک سیستم‌های جابه‌جایی و مهم‌ترین متغیر توضیحی در مدل‌سازی تقاضای سفر شناخته می‌شود. سفرهای با هدف کار به‌طور سنتی ستون فقرات مدل‌های ترافیکی را تشکیل می‌دهند، زیرا این سفرها غالباً در ساعات اوج صبحگاهی و عصرگاهی رخ می‌دهند و بیشترین فشار را بر ظرفیت شبکه معابر و سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی وارد می‌کنند. بنابراین، هرگونه انحراف یا خطای سیستماتیک در برآورد تعداد شاغلین چه در سمت مبدأ (محل سکونت) و چه در سمت مقصد (محل کار) مستقیماً به خطای فاحش در ماتریس تقاضای سفر منجر شده و در نهایت، کارایی و توجیه‌پذیری فنی-اقتصادی طرح‌های پیشنهادی (نظیر احداث خطوط قطار شهری یا تقاطع‌های غیرهمسطح) را زیر سوال می‌برد.

---

۱ Resident Workers
۲ Workplace Employment
۳ Trip Production
۴ Trip Attraction
۵ Ensemble Forecasting

بر اساس مفاد مصرح در ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، که به عنوان سند بالادستی و لازم‌الاجرا در مطالعات ترافیکی ایران شناخته می‌شود، متغیرهای جانبی نظیر جمعیت، بُعد خانوار، مالکیت خودرو و به‌ویژه اشتغال، باید با استفاده از روش‌های علمی، تکرارپذیر و با تکیه بر اسناد فرادست توسعه‌ای و روندهای گذشته پیش‌بینی شوند. چالش اصلی در این میان، گذار از داده‌های خام سرشماری به ورودی‌های دقیق مدل ترافیکی است؛ جایی که تمایز میان «شاغلین ساکن» (نیروی کار عرضه شده توسط خانوار در نواحی مسکونی) و «شاغلین در محل کار» (تقاضای نیروی کار توسط بنگاه‌های اقتصادی در نواحی جاذب) اهمیت می‌یابد. عدم تعادل میان این دو متغیر در سطح کلان‌شهر، می‌تواند منجر به تولید سفرهای کاذب یا عدم تخصیص صحیح سفرها در فرآیند توزیع سفر[۱] شود.

برای ایجاد زبان مشترک فنی، تعاریف زیر بر اساس استانداردهای ضابطه ۸۰۱ و متون مرجع برنامه‌ریزی حمل‌ونقل ارائه می‌گردد:

- **شاغل ساکن**[۲]: فردی است که در یک خانوار ساکن در ناحیه ترافیکی i زندگی می‌کند و دارای شغل است. این متغیر یکی از مهم‌ترین متغیرهای محاسبه «تولید سفر[۳]» برای سفرهای کاری خانه-مبنا است. محل کار این فرد ممکن است در همان ناحیه یا ناحیه‌ای دیگر باشد.
- **شاغل در محل شغل**[۴]: تعداد فرصت‌های شغلی موجود در ناحیه ترافیکی j است که توسط بنگاه‌های اقتصادی، ادارات، مدارس و غیره ایجاد شده است. این متغیر مبنای محاسبه «جذب سفر[۵]» است.
- **ناحیه ترافیکی**[۶]: کوچکترین واحد جغرافیایی در مطالعات حمل‌ونقل که اطلاعات اجتماعی-اقتصادی در سطح آن تجمیع می‌شود.
- **سال پایه**[۷]: سالی که کالیبراسیون مدل بر اساس آماربرداری‌های میدانی (در این مطالعه سال ۱۴۰۲) انجام شده است.
- **سال افق**[۸]: سال هدف طرح که پیش‌بینی‌ها برای آن انجام می‌شود که بر اساس ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور ۱۵ سال پس از سال آماربرداری است و دارای افق‌های کوتاه (۵ سال بعد)، میان (۱۰ سال بعد) و بلند مدت (۱۵ سال بعد) است.

---

۱ Trip Distribution
۲ Resident Worker
۳ Trip Production
۴ Workplace Employment
۵ Trip Attraction
۶ Traffic Analysis Zone - TAZ
۷ Base Year
۸ Horizon Year

۲-۳-۱-۳- برآورد اشتغال در محل سکونت

پیش از تشریح روش‌شناسی اختصاصی این مطالعه، ضروری است روش‌های استاندارد و متداول جهانی مورد واکاوی قرار گیرند. شناخت نقاط قوت و ضعف این روش‌ها، توجیه‌پذیری انتخاب روش ترکیبی[۱] در این مطالعه را آشکار می‌سازد. این روش‌ها را می‌توان در چهار دسته اصلی طبقه‌بندی کرد:

۱) روش‌های تحلیل روند،
۲) روش‌های پایه اقتصادی،
۳) روش‌های تغییر سهم،
۴) و مدل‌های تعامل کاربری-حمل‌ونقل.

۳-۳-۱-۳- روش‌های پیشنهادی در ادبیات تخصصی

۱- روش‌های تحلیل روند[۲]

ساده‌ترین و در عین حال پرکاربردترین روش در مطالعات مقدماتی، استفاده از داده‌های تاریخی و برازش منحنی‌های ریاضی بر آن‌هاست. این روش‌ها فرض می‌کنند که تاریخ تکرار می‌شود و الگوهای گذشته با همان آهنگ به آینده منتقل خواهند شد.

- **برون‌یابی خطی**[۳]: در این روش فرض می‌شود که رشد اشتغال در هر ناحیه تابعی خطی از زمان است. که در رابطه زیر α شیب رشد سالانه است. اگرچه این روش برای دوره‌های کوتاه‌مدت و در شرایط ثبات اقتصادی قابل قبول است، اما در بلندمدت و در اقتصادهای پرنوسان (مانند ایران)، معمولاً منجر به خطاهای فاحش می‌شود، زیرا اشباع بازار کار یا شوک‌های اقتصادی را نادیده می‌گیرد.

$$E_{t+n} = E_t + n \times \alpha$$

- **مدل‌های رشد نمایی و مرکب**[۴]: این مدل‌ها برای نواحی در حال توسعه سریع (مانند شهرهای اقماری یا مناطق آزاد تجاری) کاربرد دارند. در این رابطه r نرخ رشد سالانه است. خطر اصلی این روش، انفجار پیش‌بینی در افق‌های بلندمدت است که می‌تواند اعدادی غیرواقعی و فراتر از ظرفیت کالبدی شهر تولید کند.
  - $E_{t+n} = E_t \times (1 + r)^n$

[۱] Hybrid Approach
[۲] Trend Analysis
[۳] Linear Extrapolation
[۴] Exponential/Compound Growth

- **روش میانگین متحرک و هموارسازی نمایی**[۱]: این تکنیک‌ها برای حذف نوسانات تصادفی[۲] از داده‌های تاریخی و استخراج روند اصلی استفاده می‌شوند. روش‌هایی مانند Holt-Winters که اثرات فصلی و روند را همزمان مدل می‌کنند، در این دسته قرار می‌گیرند. با این حال، کاربرد آن‌ها بیشتر در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت اقتصادی است تا برنامه‌ریزی بلندمدت زیرساخت‌های حمل‌ونقل.

۲- روش‌های تحلیل پایه اقتصادی[۳]

این گروه از روش‌ها، که در ادبیات شهرسازی و اقتصاد منطقه‌ای جایگاه ویژه‌ای دارند، اقتصاد شهر را به دو بخش «پایه[۴]» و «غیرپایه/خدماتی[۵]» تفکیک می‌کنند. فرض بنیادین این است که رشد بخش پایه (که کالا و خدمات را به خارج از شهر صادر می‌کند)، محرک اصلی رشد بخش غیرپایه (که نیازهای داخلی شهروندان را تأمین می‌کند) است.

- **ضریب مکانی**[۶]: روش ضریب مکانی یکی از محبوب‌ترین تکنیک‌ها در مطالعات طرح جامع و حمل‌ونقل ایران است. در این روش، تمرکز نسبی یک فعالیت خاص در شهر مورد مطالعه با یک اقتصاد مرجع (معمولاً استان یا کل کشور) مقایسه می‌شود. فرمول محاسباتی عبارت است از:

$$LQ_i = \frac{\left({e_i}/{e_t}\right)}{\left({E_i}/{E_t}\right)}$$

e_i: اشتغال در بخش صنعت i در ناحیه مورد مطالعه

e_t: کل اشتغال در ناحیه مورد مطالعه

E_i: اشتغال در بخش صنعت i در منطقه مرجع (استان یا کشور)

E_t: کل اشتغال در منطقه مرجع (استان یا کشور)

تفسیر: اگر LQ_i بزرگتر از یک باشد، آن بخش به عنوان بخش «پایه» و صادرکننده شناخته می‌شود. اشتغال مازاد بر نیاز داخلی (که با ضریب ۱ مشخص می‌شود) به عنوان اشتغال پایه در نظر گرفته می‌شود.

کاربرد در پیش‌بینی: با پیش‌بینی رشد بخش‌های پایه (که معمولاً تابع سیاست‌های ملی و منطقه‌ای است) و استفاده از یک ضریب فزاینده، کل اشتغال شهر برآورد می‌شود. ضریب فزاینده به صورت زیر تعریف می‌شود:

---

۱ Moving Average & Exponential Smoothing

۲ Noise

۳ Economic Base Analysis

۴ Basic

۵ Non-Basic/Service

۶ Location Quotient - LQ

$$k = \frac{\text{کل اشتغال}}{\text{اشتغال پایه}}$$

- **روش حداقل نیاز**[۱]: این روش، نسخه‌ای اصلاح‌شده و تجربی‌تر از روش ضریب مکانی است. در این تکنیک، به جای استفاده از میانگین ملی، حداقل درصد اشتغال مشاهده شده در مجموعه‌ای از شهرهای مشابه به عنوان نیاز داخلی (بخش غیرپایه) در نظر گرفته می‌شود. هر مقداری بیش از این حداقل، به عنوان بخش پایه تلقی می‌گردد. این روش به دلیل پیچیدگی در جمع‌آوری داده‌های شهرهای مشابه، کمتر در مطالعات ترافیکی ایران رایج است، اما دقت بالاتری در تفکیک بخش‌ها دارد.

۳- روش تحلیل تغییر-سهم[۲]

روش تغییر-سهم، ابزاری قدرتمند برای تشریح چرایی تغییرات اشتغال در گذشته و فرافکنی آن به آینده است. این روش تغییرات اشتغال یک ناحیه (ΔE_{ij}) را به سه مؤلفه مجزا تجزیه می‌کند:

- مؤلفه رشد ملی[۳]: سهمی از رشد اشتغال که ناشی از رونق کلی اقتصاد کشور است. فرض می‌شود اگر ناحیه هیچ ویژگی خاصی نداشت، باید به اندازه میانگین ملی رشد می‌کرد. در رابطه زیر g_{nat} نرخ رشد اشتغال ملی است.

$$NS_{ij} = E_{ij}^{t-1} \times g_{nat}$$

- مؤلفه ترکیب صنعتی[۴]: این مؤلفه نشان می‌دهد که آیا ساختار اقتصادی ناحیه بر بخش‌های پررشد (مثل فناوری اطلاعات) متمرکز است یا بخش‌های کم‌رشد (مثل صنایع سنگین سنتی). در رابطه زیر g_{nat} نرخ رشد اشتغال ملی و در رابطه زیر $g_{i,nat}$ نرخ رشد اشتغال بخش i در سطح ملی است.

$$IM_{ij} = E_{ij}^{t-1} \times (g_{i,nat} - g_{nat})$$

- مؤلفه تغییر منطقه‌ای یا رقابتی[۵]: مهم‌ترین بخش برای برنامه‌ریزی محلی است که نشان‌دهنده مزیت رقابتی خاص ناحیه است (مثلاً دسترسی بهتر به حمل‌ونقل، نیروی کار ارزان‌تر، یا مدیریت بهتر). در رابطه زیر g_{ij} نرخ رشد بخش i در ناحیه j است.

$$RS_{ij} = E_{ij}^{t-1} \times (g_{ij} - g_{i,nat})$$

---

۱ Minimum Requirements Method
۲ Shift-Share Analysis
۳ National Growth Effect - NS
۴ Industrial Mix Effect - IM
۵ Regional Shift / Differential Shift - RS

در مطالعات جامع حمل‌ونقل ایران، این روش برای تحلیل ساختاری اقتصاد شهر و پیش‌بینی اینکه کدام زون‌های ترافیکی پتانسیل جذب فعالیت‌های اقتصادی جدید را دارند، بسیار کارآمد است. با این حال، وابستگی شدید به پیش‌بینی‌های دقیق اقتصاد کلان ملی، پاشنه آشیل این روش در شرایط بی‌ثباتی اقتصادی است.

۴- مدل‌های داده-ستانده[۱]

مدل‌های داده-ستانده (I-O) دقیق‌ترین تصویر را از تعاملات بین‌بخشی و جریان کالا و خدمات ارائه می‌دهند. این مدل‌ها با استفاده از جداول ماتریسی، نشان می‌دهند که افزایش تقاضا در یک بخش (مثلاً ساخت‌وساز)، چه میزان تقاضای القایی در سایر بخش‌ها (سیمان، حمل‌ونقل، خدمات مهندسی) ایجاد می‌کند.

مزیت: محاسبه دقیق ضرایب فزاینده اشتغال که اثرات مستقیم، غیرمستقیم و القایی را لحاظ می‌کند.

محدودیت: نیاز به داده‌های بسیار حجیم و ماتریس‌های به‌روز ملی و منطقه‌ای که در بسیاری از موارد در سطح شهرستان یا ناحیه ترافیکی در دسترس نیستند. در ایران، این مدل‌ها غالباً در سطح استان یا کلان‌شهر استفاده می‌شوند و برای ریزسازی به سطح ناحیه ترافیکی (TAZ) نیاز به روش‌های تکمیلی دارند.

۵- مدل‌های تعامل کاربری زمین-حمل‌ونقل (LUTI)

پیشرفته‌ترین نسل مدل‌های پیش‌بینی، مدل‌های LUTI هستند مانند مدل Lowry ، ITLUP یا UrbanSim. این مدل‌ها اشتغال را به عنوان تابعی پویا از دسترسی[۲] مدل می‌کنند. منطق اصلی این است که بنگاه‌های اقتصادی در مکان‌هایی مستقر می‌شوند که بیشترین دسترسی را به نیروی کار و بازار مصرف داشته باشند.

مکانیزم: در مدل Lowry ، اشتغال پایه به‌صورت برون‌زا[۳] داده می‌شود، سپس اشتغال خدماتی و جمعیت بر اساس توابع جاذبه و هزینه سفر در نواحی توزیع می‌شوند.

جایگاه در ضابطه ۸۰۱: اگرچه ضابطه ۸۰۱ استفاده از این مدل‌ها را برای کلان‌شهرهای با جمعیت بالا توصیه می‌کند، اما پیچیدگی کالیبراسیون و نیاز به داده‌های سری زمانی طولانی باعث شده تا در عمل، روش‌های ترکیبی ساده‌تر (رگرسیونی و روندی) که در بخش بعدی تشریح می‌شوند، در اولویت مشاوران قرار گیرند.

---

۱ Input-Output Models
۲ Accessibility
۳ Exogenous

٤-٣-١-٣- روش‌شناسی پیشنهادی برای برآورد اشتغال

در این مطالعه، با درک محدودیت‌های روش‌های کلاسیک و با توجه به شرایط خاص دموگرافیک و اقتصادی محدوده مورد مطالعه (بر اساس داده‌های سرشماری ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵)، یک رویکرد چندمدلی و ترکیبی اتخاذ گردیده است. این رویکرد با تلفیق پنج مدل مجزا و سپس میانگین‌گیری هوشمندانه، تلاش دارد تا عدم قطعیت‌های ناشی از نوسانات نرخ مشارکت و بیکاری را مدیریت نماید.

داده‌های مبنایی این پژوهش از ریزداده‌های سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران استخراج شده‌اند. تحلیل اولیه این داده‌ها نشان‌دهنده نوسانات قابل توجه در نرخ‌های کلیدی بازار کار است:

- **نرخ مشارکت اقتصادی**: در بسیاری از شهرهای ایران، نرخ مشارکت (به‌ویژه زنان) در بازه ۱۳۸۵-۱۳۹۵ نوسانات سینوسی داشته است که برون‌یابی خطی آن را گمراه‌کننده می‌سازد.
- **نرخ بیکاری**: تغییرات تعاریف اشتغال در سرشماری‌ها (مانند معیار یک ساعت کار در هفته) موجب ایجاد گسست‌هایی در سری زمانی شده که نیازمند همسان‌سازی پیش از مدل‌سازی بوده است.

برای پوشش تمامی سناریوهای محتمل، پنج مدل متمایز توسعه داده شد:

مدل یک. روند نرخ بیکاری و اشتغال[۱]: این مدل بر فرض تداوم رفتارهای مشاهده‌شده در بازار کار استوار است. در این روش، نرخ مشارکت (PR) و نرخ بیکاری (UR) برای هر ناحیه و هر کوهورت سنی-جنسی به‌صورت جداگانه برون‌یابی شده و سپس بر جمعیت پیش‌بینی‌شده اعمال می‌گردد.

$$E_{t+n} = \sum_{Age,Sex} \left(P_{t+n} \times PR_{trend} \times (۱ - UR_{trend})\right)$$

نقد فنی: این مدل در شرایطی که نرخ‌های گذشته متأثر از شوک‌های موقت اقتصادی باشند، می‌تواند روندهای کاذب را به آینده منتقل کند.

مدل دوم. روند ثابت[۲]: این مدل به‌عنوان یک سناریوی وضع موجود عمل می‌کند. فرض بر این است که نرخ اشتغال و نرخ بیکاری از سال پایه (۱۴۰۲) به بعد ثابت و یکسان خواهد بود و از شیب نزولی نرخ اشتغال و شیب صعودی نرخ بیکاری صرف نظر می‌گردد.

[۱] Unemployment/Employment Rate Trend
[۲] Constant Trend

مدل سوم. شیب اصلاح‌شده[۱]: این مدل که در متون تخصصی با نام Dampened Trend Exponential Smoothingشناخته می‌شود، پاسخی به ضعف مدل‌های روند خطی است. فرض بنیادین این است که نرخ بیکاری یا تغییرات نرخ فعالیت نمی‌تواند تا ابد با شیب تند سال‌های اخیر ادامه یابد (به دلیل اصلاح وضعیت اقتصادی و روند سینوسی دهه‌های اخیر). در این روش، شیب خط رگرسیونِ روند گذشته با یک پارامتر میراگر (φ که معمولاً بین ۰/۸ تا ۰/۹۵ برای نرخ بیکاری است) تعدیل می‌شود.

مدل چهارم. شرایط ایده‌آل[۲]: این مدل ماهیت تجویزی[۳] دارد و بر خلاف سه مدل قبلی که بر آنچه هست تمرکز داشتند، بر آنچه باید باشد تمرکز دارد. ورودی‌های این مدل از اسناد فرادست (مانند برنامه‌های پنج‌ساله توسعه، سند چشم‌انداز شهر و طرح جامع) استخراج می‌شود. در اینجا برای اینکه مقدار نرخ بیکاری و نرخ اشتغال واقع‌بینانه‌تر باشد بهترین نرخ اشتغال و بیکاری در بازه ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ در نظر گرفته شده است.

در این سناریو فرض می‌شود که سیاست‌گذاری‌های کلان اشتغال‌زایی موفق عمل کرده، نرخ بیکاری به سطح اصطکاکی یا طبیعی تجربه شده در گذشته، کاهش یافته و نرخ مشارکت زنان و جوانان به اهداف تعیین‌شده در برنامه رسیده است.

مدل پنجم. نرخ تکفل[۴]: این مدل یکی از علمی‌ترین و پایدارترین روش‌ها در تحلیل‌های بلندمدت است که پیوند عمیقی با ساختار دموگرافیک دارد. نرخ تکفل اقتصادی (EDR) به‌صورت نسبت کل جمعیت (P_{Total}) به کل جمعیت شاغل (E_{Total}) تعریف می‌شود.

$$EDR = \frac{P_{total}}{E_{Total}}$$

این شاخص نشان می‌دهد که هر فرد شاغل باید هزینه زندگی چند نفر را تأمین کند. با توجه به روند گذار جمعیتی ایران، کاهش بعد خانوار و فشارهای تورمی که نیاز به چند نان‌آور در خانوار را افزایش می‌دهد، روند نرخ تکفل در بلندمدت نزولی است (یعنی تعداد شاغلین به نسبت جمعیت افزایش می‌یابد).

در این روش ابتدا روند نرخ تکفل بر اساس اطلاعات تاریخچه زمانی دوره‌های پیش‌بینی شده و مقدار آن برای سال‌های آتی برآورد می‌گردد. سپس با توجه به آنکه مقدار کل جمعیت برای سال‌های آتی در بخش‌های قبلی برآورد شده است، تعداد کل شاغلین برآورد می‌گردد.

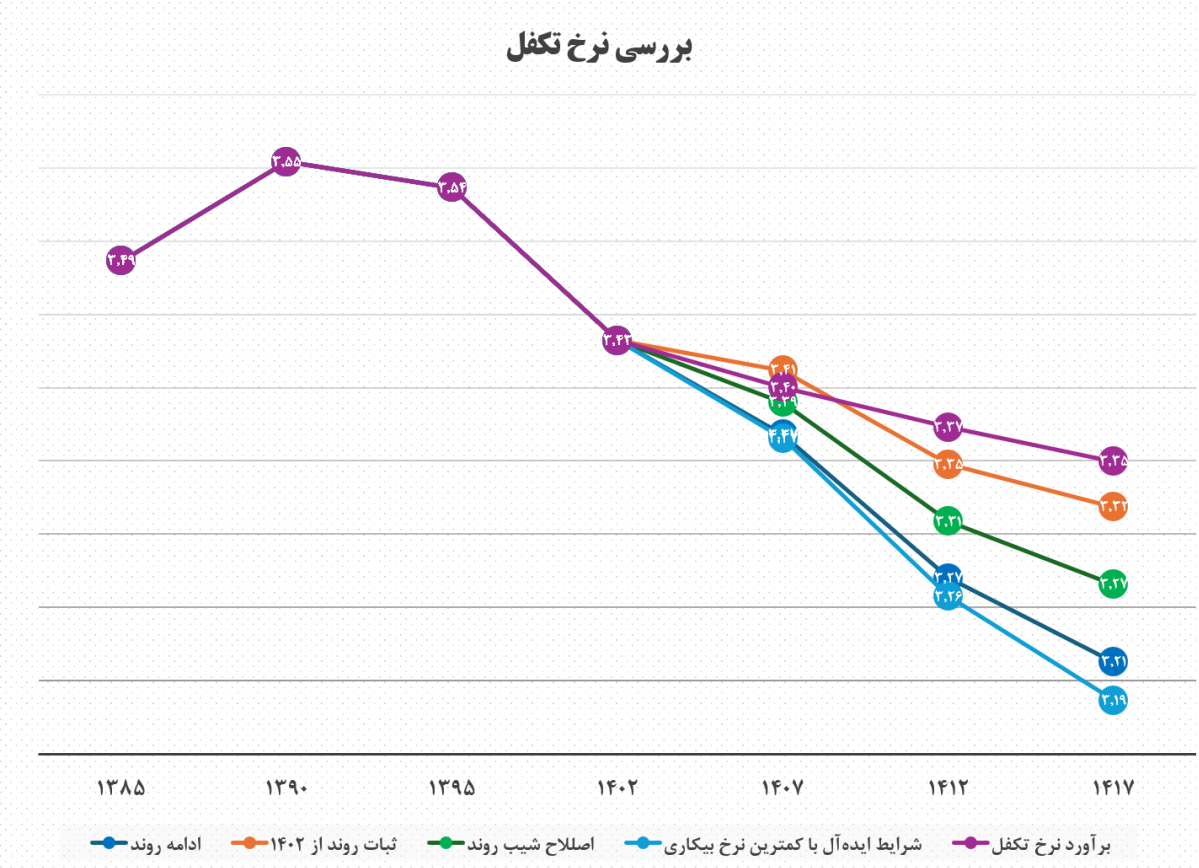
---

۱ Modified Slope / Dampened Trend
۲ Ideal Conditions / Normative Scenario
۳ Normative
۴ Economic Dependency Ratio Model

$$E_{future} = \frac{P_{future}}{EDR_{Projected}}$$

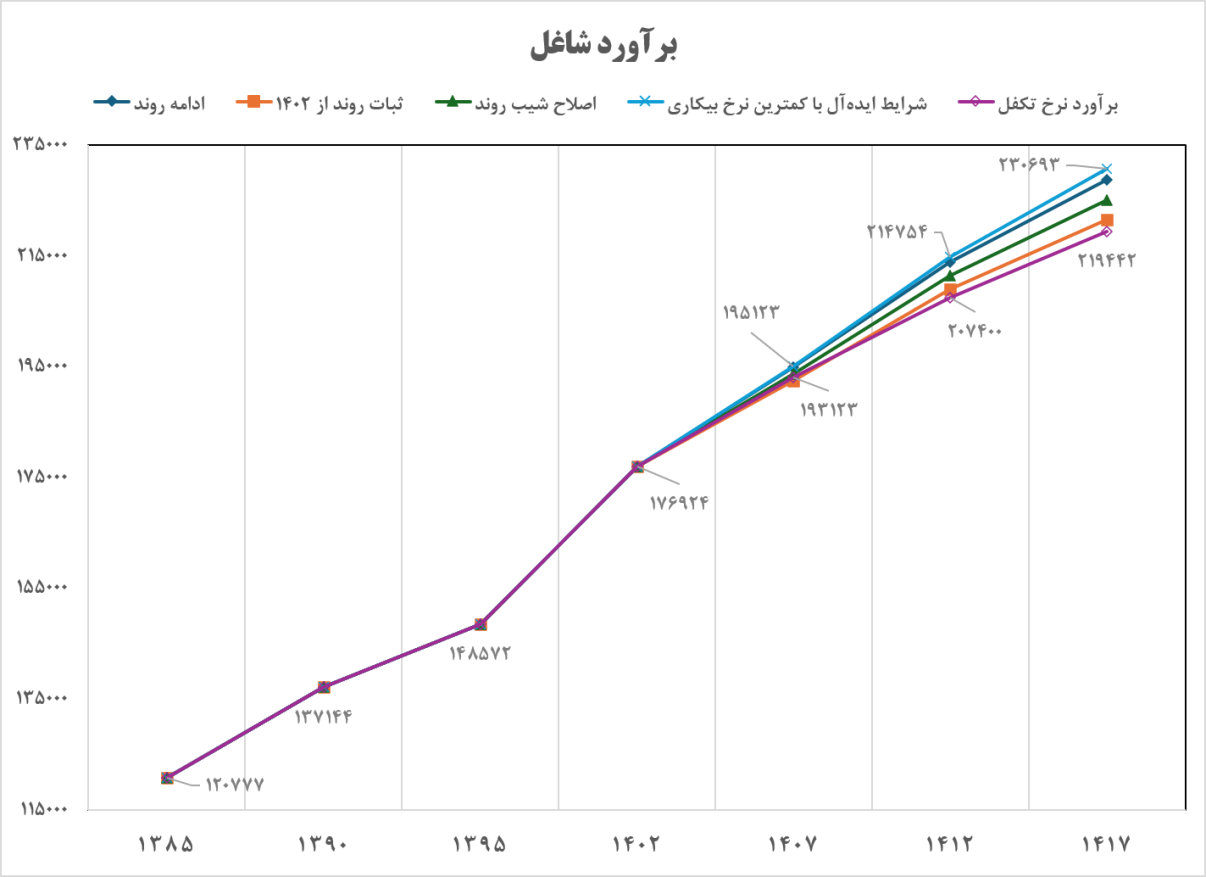
جدول ۳-۱۱ : برآورد تعداد شاغلین در محل سکونت محدوده مورد مطالعه

حالت		سال	جمعیت	جمعیت بالای ۱۵ سال	کل شاغل	نرخ تکفل
سرشماری نفوس و مسکن مرکز آمار ایران		۱۳۸۵	۴۲۱۱۱۰	۳۱۶۲۱۴	۱۲۰۷۷۷	۳.۴۹
		۱۳۹۰	۴۸۷۴۱۹	۳۷۳۱۶۱	۱۳۷۱۴۴	۳.۵۵
		۱۳۹۵	۵۲۵۴۰۷	۴۰۶۷۱۵	۱۴۸۵۷۲	۳.۵۴
سال پایه		۱۴۰۲	۶۰۷۲۳۴	۴۶۱۶۲۸	۱۷۶۹۲۴	۳.۴۳
براساس پیش‌بینی نرخ فعالیت و نرخ بیکاری	ادامه روند اشتغال و بیکاری	۱۴۰۷	۶۵۶۶۳۲	۵۰۲۰۷۲	۱۹۴۹۷۰	۳.۳۷
		۱۴۱۲	۶۹۹۵۳۸	۵۴۵۰۶۰	۲۱۳۹۴۵	۳.۲۷
		۱۴۱۷	۷۳۵۰۵۸	۵۷۷۶۹۵	۲۲۸۸۰۸	۳.۲۱
	ثابت بودن روند از ۱۴۰۲ به بعد	۱۴۰۷	۶۵۶۶۳۲	۵۰۲۰۷۲	۱۹۲۴۶۵	۳.۴۱
		۱۴۱۲	۶۹۹۵۳۸	۵۴۵۰۶۰	۲۰۸۹۷۹	۳.۳۵
		۱۴۱۷	۷۳۵۰۵۸	۵۷۷۶۹۵	۲۲۱۵۰۹	۳.۳۲
	اصلاح شیب نزولی روند	۱۴۰۷	۶۵۶۶۳۲	۵۰۲۰۷۲	۱۹۳۷۰۹	۳.۳۹
		۱۴۱۲	۶۹۹۵۳۸	۵۴۵۰۶۰	۲۱۱۴۳۳	۳.۳۱
		۱۴۱۷	۷۳۵۰۵۸	۵۷۷۶۹۵	۲۲۵۰۹۹	۳.۲۷
	شرایط ایده‌آل	۱۴۰۷	۶۵۶۶۳۲	۵۰۲۰۷۲	۱۹۵۱۲۳	۳.۳۷
		۱۴۱۲	۶۹۹۵۳۸	۵۴۵۰۶۰	۲۱۴۷۵۴	۳.۲۶
		۱۴۱۷	۷۳۵۰۵۸	۵۷۷۶۹۵	۲۳۰۶۹۳	۳.۱۹
براساس نرخ تکفل	برآورد نرخ تکفل	۱۴۰۷	۶۵۶۶۳۲	۵۰۲۰۷۲	۱۹۳۱۲۳	۳.۴۰
		۱۴۱۲	۶۹۹۵۳۸	۵۴۵۰۶۰	۲۰۷۴۰۰	۳.۳۷
		۱۴۱۷	۷۳۵۰۵۸	۵۷۷۶۹۵	۲۱۹۴۴۲	۳.۳۵



شکل ۳-۱۹ : بررسی نرخ تکفل برای محاسبه شاغلین در محل سکونت محدوده مورد مطالعه

در گام نهایی، برای تعیین عدد قطعی تعداد شاغلین ساکن در سال افق، از نتایج مدل ۳ (اصلاح شیب روند نزولی) استفاده شده است.



شکل ۳-۲۰ : برآورد تعداد شاغلین در محل سکونت محدوده مورد مطالعه

۳-۱-۳-۵- برآورد اشتغال در محل شغل

در فرآیند مدل‌سازی تقاضای حمل‌ونقل، گام تولید و جذب سفر یکی از ارکان اصلی محسوب می‌شود. دقت در برآورد متغیرهای توضیحی، به‌ویژه تعداد شاغلین در محل کار[۱]، تأثیر مستقیمی بر صحت مدل‌های جذب سفر، و متعاقب آن مدل‌های توزیع سفر دارد. اسناد فنی مورد بررسی در این بخش، که بخش‌هایی از دستورالعمل انجام مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری (ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور) هستند، رویکردی ساختاریافته را برای تبدیل داده‌های جمعیتی و اقتصادی به متغیرهای ترافیکی در سطح نواحی (TAZs) ارائه می‌دهند.

هدف اصلی این گزارش، تشریح دقیق الگوریتم پیشنهاد شده در این ضابطه برای برآورد توزیع فضایی شاغلین از محل سکونت به محل کار و تعیین جذابیت‌های شغلی نواحی ترافیکی است. این فرآیند به‌ویژه در شرایطی که داده‌های ثبتی دقیق (مانند کد پستی محل کار) در دسترس نباشند، از اهمیت دوچندانی برخوردار است.

[۱] Employees at Workplace

رویکرد اتخاذ شده در این دستورالعمل، مبتنی بر مدل‌سازی «انتخاب مقصد[1]» است. در این متدولوژی، فرض بر این است که توزیع شاغلین در سطح شهر تصادفی نبوده و تابع مطلوبیتی است که ترکیبی از هزینه سفر (بازدارندگی) و جاذبه‌های کاربری اراضی (جذب) است. مطابق با بند ۹-۲-۳ دستورالعمل ۸۰۱، مبنای این روش، تعیین الگوی توزیع شاغل ساکن[2] به مراکز اشتغال است. به عبارت دیگر، مسئله به این صورت تعریف می‌شود: «یک فرد شاغل ساکن در ناحیه i، با چه احتمالی در ناحیه j مشغول به کار است؟»

در این فرآیند، اولویت‌بندی منابع اطلاعاتی به شرح زیر تعیین شده است:

- داده‌های ثبتی و سرشماری: استفاده از داده‌های پایه نظیر مرکز آمار ایران یا طرح‌های ممیزی املاک.
- پایگاه داده مبدأ-مقصد[3]: در نبود اطلاعات ثبتی قابل اعتماد، استناد به ماتریس‌های سفر شغلی استخراج شده از پرسشگری‌های خانوار.

نکته حائز اهمیت این است که در صورت استفاده از داده‌های پرسشگری، نتایج باید به کل جامعه تعمیم داده شده و سپس به عنوان داده پایه مورد استفاده قرار گیرند.

بر اساس فلوچارت ارائه شده در شکل ۹-۱۳ ضابطه ۸۰۱ ویرایش ۱۴۰۲، فرآیند برآورد اشتغال در محل کار طی ۵ گام اصلی انجام می‌پذیرد. در ادامه هر گام با جزئیات فنی تشریح می‌شود:

گام اول. آماده‌سازی اطلاعات ورودی[4]: در این مرحله، پایگاه داده‌های فضایی و توصیفی پالایش می‌شوند. ورودی‌های اصلی شامل ماتریس امپدانس (زمان یا هزینه سفر بین نواحی) و اطلاعات کاربری اراضی (سطوح تجاری، اداری، صنعتی و ...) در هر ناحیه ترافیکی است.

گام دوم. تعیین تعداد افراد شاغل در محل شغل از پایگاه تعمیم‌یافته: پیش از اجرای مدل توزیع، لازم است سفرهای شغلی که مقصد آن‌ها خارج از محدوده مورد مطالعه است، از محاسبات حذف شوند. این امر بدین منظور صورت می‌گیرد که مدل تنها بر روی توزیع داخلی متمرکز باشد. باقیمانده شاغلین، افرادی هستند که هم محل سکونت و هم محل کار آن‌ها درون محدوده مطالعاتی قرار دارد.

گام سوم. برآورد توزیع شاغلین: این بخش، هسته اصلی محاسبات را تشکیل می‌دهد. در این گام، با استفاده از یک مدل ریاضی، احتمال انتخاب هر ناحیه j توسط شاغلین ناحیه i محاسبه می‌شود. این توزیع بر اساس دو عامل کلیدی شکل می‌گیرد:

[1] Destination Choice Model
[2] Home-based Workers
[3] OD Surveys
[4] Data Preparation

- دسترسی[1]: که با متغیر زمان یا هزینه سفر (G_{ij}) سنجیده می‌شود.
- جذابیت مقصد[2]: که تابعی از سطح زیربنای کاربری‌های جاذب سفر شغلی است.

گام چهارم. تعیین سهم هر یک از نواحی ترافیکی: پس از محاسبه ماتریس احتمالات (P_{ij})، سهم هر ناحیه مقصد از کل شاغلین ساکن در تمامی مبادی محاسبه می‌شود. به زبان ریاضی، اگر O_i تعداد شاغلین ساکن در ناحیه i باشد، تعداد شاغلین جذب شده به ناحیه j (D_j) برابر خواهد بود با:

$$D_j = \sum_i (O_i P_{ij})$$

گام پنجم. محاسبه اشتغال نهایی: در نهایت، مقادیر محاسبه شده در گام چهارم به عنوان «اشتغال در محل کار» برای هر ناحیه ترافیکی ثبت می‌شود. این خروجی، ورودی اصلی مدل‌های تولید سفر (برای محاسبه سفرهای جذب شده) در گام‌های بعدی مطالعات جامع خواهد بود.

جدول ۳-۱۲ : تعداد شاغل در محل سکونت و شاغل در محل شغل در محدوده مورد مطالعه

ناحیه ترافیکی	شاغل ساکن در سال				شاغل در محل شغل در سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱	۰	۰	۰	۰	۳۶۶۴	۳۹۸۴	۴۳۲۶	۴۵۸۵
۲	۶۰۱	۵۷۱	۵۵۱	۵۳۰	۲۳۳۶	۲۵۴۱	۲۷۵۹	۲۹۲۴
۳	۱۴۲۵	۱۵۱۹	۱۸۸۴	۲۲۹۷	۳۹۲۰	۴۲۶۴	۴۶۳۰	۴۹۰۷
۴	۱۴۴۶	۱۵۷۹	۲۰۴۸	۲۷۰۹	۸۷۶	۹۵۲	۱۰۳۴	۱۰۹۶
۵	۶۹۵	۷۲۴	۸۱۰	۹۶۴	۶۲۳	۶۷۷	۷۳۵	۷۷۹
۶	۱۰۶۰	۱۱۹۲	۱۱۸۰	۱۱۶۵	۶۲۰	۶۷۴	۷۳۲	۷۷۶
۷	۳۶۰	۳۰۲	۲۵۸	۲۱۹	۱۵۶۴	۱۷۰۱	۱۸۴۷	۱۹۵۷
۸	۶۱۷	۶۹۹	۸۶۶	۹۰۹	۷۱۶۰	۷۷۸۸	۸۴۵۶	۸۹۶۲
۹	۸۵	۶۳	۴۷	۳۷	۴۰۲۱	۴۳۷۳	۴۷۴۹	۵۰۳۳
۱۰	۸۷۴	۸۹۳	۱۱۴۷	۱۵۰۲	۲۵۷۶	۲۸۰۱	۳۰۴۲	۳۲۲۴
۱۱	۱۰۰۷	۱۰۹۹	۱۳۱۶	۱۵۹۷	۷۸۸	۸۵۷	۹۳۰	۹۸۶
۱۲	۲۷۱۱	۲۵۹۳	۲۵۶۴	۲۵۲۷	۹۷۸	۱۰۶۴	۱۱۵۵	۱۲۲۴
۱۳	۱۹۹۳	۲۱۷۱	۲۵۱۰	۲۹۲۸	۷۷۳	۸۴۱	۹۱۳	۹۶۸
۱۴	۷۸۱	۷۹۲	۸۵۶	۹۳۴	۵۲۲	۵۶۷	۶۱۶	۶۵۳
۱۵	۱۰۹۷	۸۷۶	۷۱۰	۵۵۳	۳۵۰	۳۸۱	۴۱۴	۴۳۸

[1] Accessibility
[2] Attractiveness

ناحیه ترافیکی	شاغل ساکن در سال				شاغل در محل شغل در سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۶	۹۸۸	۱۰۷۸	۱۲۱۹	۱۲۳۹	۳۵۷	۳۸۸	۴۲۱	۴۴۶
۱۷	۱۱۰۱	۱۰۷۹	۱۰۷۳	۱۰۶۵	۱۹۷	۲۱۵	۲۳۳	۲۴۷
۱۸	۵۹۸	۶۴۱	۷۴۹	۸۸۷	۴۹۵	۵۳۹	۵۸۵	۶۲۰
۱۹	۱۳۷۲	۱۶۱۵	۱۶۵۴	۱۶۸۱	۱۶۸۲	۱۸۲۹	۱۹۸۷	۲۱۰۵
۲۰	۸۱۶	۱۰۳۱	۱۰۵۸	۱۰۷۵	۱۸۳۹	۲۰۰۱	۲۱۷۲	۲۳۰۲
۲۱	۲۹۳	۳۵۱	۳۸۷	۳۹۳	۶۹۷	۷۵۸	۸۲۳	۸۷۲
۲۲	۱۶۴۲	۱۶۴۸	۱۶۸۰	۱۷۰۷	۷۳۵	۷۹۹	۸۶۸	۹۲۰
۲۳	۸۲۴	۸۵۳	۹۲۱	۸۲۹	۸۱۵	۸۸۶	۹۶۲	۱۰۲۰
۲۴	۱۱۲۴	۱۲۱۰	۱۱۰۹	۱۰۱۳	۹۹	۱۰۷	۱۱۷	۱۲۴
۲۵	۶۸۷	۷۶۹	۹۱۰	۹۲۵	۱۰۳۸	۱۱۲۸	۱۲۲۵	۱۲۹۹
۲۶	۱۳۶۰	۱۷۲۹	۱۸۴۸	۱۸۷۸	۳۵۸۷	۳۹۰۱	۴۲۳۶	۴۴۹۰
۲۷	۳۲۱۷	۳۲۲۹	۳۲۹۲	۳۳۴۶	۱۶۸۲	۱۸۲۹	۱۹۸۶	۲۱۰۵
۲۸	۱۴۲۷	۱۴۶۸	۱۴۹۷	۱۵۲۲	۹۵۹	۱۰۴۳	۱۱۳۲	۱۲۰۰
۲۹	۵۰۲	۴۸۸	۴۸۲	۴۷۵	۸۴۳	۹۱۷	۹۹۶	۱۰۵۶
۳۰	۱۹۶۸	۲۰۶۵	۲۲۵۴	۲۴۷۵	۲۳۶۰	۲۵۶۷	۲۷۸۷	۲۹۵۴
۳۱	۳۰۲۵	۳۴۶۷	۳۶۳۱	۳۶۹۰	۳۱۶۵	۳۴۴۲	۳۷۳۸	۳۹۶۱
۳۲	۱۹۳۴	۲۵۴۸	۲۶۷۵	۲۷۱۹	۳۷۰	۴۰۳	۴۳۷	۴۶۴
۳۳	۸۴۰	۸۹۳	۱۱۵۸	۱۲۰۴	۱۳۱۶	۱۴۳۱	۱۵۵۴	۱۶۴۷
۳۴	۲۴۵۲	۲۴۷۵	۲۶۱۸	۲۹۰۲	۱۴۵۳	۱۵۸۱	۱۷۱۶	۱۸۱۹
۳۵	۷۲۶	۹۴۸	۱۱۸۷	۱۲۰۳	۵۸۸	۶۴۰	۶۹۵	۷۳۶
۳۶	۱۸۴۷	۲۳۵۶	۲۹۲۷	۲۹۶۷	۷۱۹	۷۸۲	۸۴۹	۸۹۹
۳۷	۵۸۱	۶۹۹	۷۵۳	۷۶۳	۱۱۸۱	۱۲۸۵	۱۳۹۵	۱۴۷۹
۳۸	۱۷۰۷	۱۷۹۳	۲۱۶۶	۲۸۶۹	۶۰۴۴	۶۵۷۴	۷۱۳۸	۷۵۶۵
۳۹	۲۲۹۷	۲۵۵۰	۲۶۱۰	۲۶۴۵	۷۰۹	۷۷۱	۸۳۸	۸۸۸
۴۰	۱۰۰۴	۱۰۹۴	۱۲۶۵	۱۴۲۰	۹۴۲	۱۰۲۴	۱۱۱۲	۱۱۷۹
۴۱	۶۰۹	۵۴۱	۴۹۰	۴۴۲	۲۹۸	۳۲۴	۳۵۲	۳۷۳
۴۲	۰	۰	۰	۰	۹۹۹	۱۰۸۶	۱۱۷۹	۱۲۵۰
۴۳	۶۹۷	۷۴۷	۸۹۸	۱۱۸۸	۶۰۶	۶۵۹	۷۱۶	۷۵۹
۴۴	۰	۰	۰	۰	۲۲۵۱	۲۴۴۸	۲۶۵۸	۲۸۱۷
۴۵	۲۲۲	۲۰۴	۱۹۲	۱۷۹	۴۴۷	۴۸۶	۵۲۸	۵۵۹
۴۶	۸۳۱	۸۴۱	۸۹۶	۷۸۵	۱۹۴۳	۲۱۱۳	۲۲۹۵	۲۴۳۲

ناحیه ترافیکی	شاغل ساکن در سال				شاغل در محل شغل در سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۴۷	۱۵۲۰	۱۵۸۶	۱۷۳۱	۱۹۷۲	۸۴۰	۹۱۴	۹۹۲	۱۰۵۲
۴۸	۰	۰	۰	۰	۳۱۸	۳۴۶	۳۷۵	۳۹۸
۴۹	۷۳۴	۸۳۴	۱۰۲۳	۱۱۵۰	۶۰۷	۶۶۰	۷۱۷	۷۶۰
۵۰	۹۹۵	۱۰۶۹	۱۲۰۸	۱۲۶۲	۹۷۸	۱۰۶۴	۱۱۵۵	۱۲۲۵
۵۱	۹۳۴	۱۰۰۶	۱۱۴۷	۱۳۳۰	۵۲۳	۵۶۹	۶۱۸	۶۵۵
۵۲	۴۳۸	۵۰۴	۵۵۹	۵۶۷	۱۰۹	۱۱۹	۱۲۹	۱۳۷
۵۳	۱۱۰۱	۱۱۰۹	۱۱۶۱	۱۲۵۶	۶۷۵	۷۳۴	۷۹۷	۸۴۵
۵۴	۸۱۵	۸۱۹	۸۳۴	۸۴۵	۷۴۳	۸۰۸	۸۷۷	۹۲۹
۵۵	۸۴۵	۸۷۵	۸۹۱	۹۰۳	۳۷۹	۴۱۲	۴۴۷	۴۷۴
۵۶	۱۴۱۶	۱۴۷۸	۱۶۷۶	۱۶۹۹	۴۶۵	۵۰۶	۵۵۰	۵۸۳
۵۷	۱۰۸۵	۱۱۸۲	۱۱۱۵	۱۰۴۸	۸۴۸	۹۲۲	۱۰۰۱	۱۰۶۱
۵۸	۱۹۶۲	۲۵۳۷	۲۶۱۸	۲۶۵۴	۱۰۱۹	۱۱۰۸	۱۲۰۳	۱۲۷۵
۵۹	۲۱۴۷	۲۶۰۳	۲۶۷۷	۲۷۱۳	۸۲۵	۸۹۷	۹۷۴	۱۰۳۲
۶۰	۱۸۶۹	۱۸۰۹	۱۷۸۴	۱۷۵۳	۵۳۴	۵۸۱	۶۳۱	۶۶۸
۶۱	۱۳۴۲	۱۴۳۰	۱۷۶۱	۲۶۰۴	۱۴۳۷	۱۵۶۳	۱۶۹۷	۱۷۹۹
۶۲	۶۲۰	۶۲۸	۷۴۰	۱۰۷۷	۹۰۵	۹۸۴	۱۰۶۹	۱۱۳۳
۶۳	۰	۰	۰	۰	۴۴۵۱	۴۸۴۰	۵۲۵۶	۵۵۷۰
۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶۵	۱۰۲۵	۱۱۷۹	۱۲۰۹	۱۲۲۶	۴۱۵	۴۵۲	۴۹۰	۵۲۰
۶۶	۹۸۱	۹۷۱	۹۷۹	۹۸۵	۲۸۲	۳۰۶	۳۳۳	۳۵۲
۶۷	۱۴۱۳	۱۵۴۰	۱۹۰۰	۱۹۵۵	۴۶۳	۵۰۳	۵۴۶	۵۷۹
۶۸	۱۱۴۳	۱۲۹۵	۱۳۰۹	۱۳۱۸	۴۸۳	۵۲۵	۵۷۰	۶۰۴
۶۹	۱۸۰۹	۱۸۱۶	۱۸۴۷	۱۸۷۲	۲۰۵۳	۲۲۳۳	۲۴۲۵	۲۵۷۰
۷۰	۲۰۶۷	۲۱۷۷	۲۲۲۱	۲۲۵۱	۱۵۱۹	۱۶۵۳	۱۷۹۴	۱۹۰۲
۷۱	۹۱۷	۹۵۷	۱۰۴۸	۱۲۰۳	۲۹۴۱	۳۱۹۹	۳۴۷۴	۳۶۸۱
۷۲	۱۱۷۸	۱۱۷۵	۱۱۹۵	۱۲۱۱	۸۳۹	۹۱۳	۹۹۱	۱۰۵۰
۷۳	۹۶۴	۸۵۷	۶۹۳	۵۳۸	۳۴۲	۳۷۲	۴۰۴	۴۲۸
۷۴	۲۰۳	۱۴۹	۱۱۱	۸۶	۷۵۳	۸۱۹	۸۸۹	۹۴۳
۷۵	۳۸۲	۴۱۱	۴۷۱	۵۸۰	۴۶۹	۵۱۰	۵۵۴	۵۸۷
۷۶	۵۵۴	۶۳۹	۷۹۷	۸۶۹	۱۰۱۱	۱۰۹۹	۱۱۹۴	۱۲۶۵
۷۷	۴۲	۳۰	۲۳	۱۸	۱۱۰	۱۱۹	۱۳۰	۱۳۷

ناحیه ترافیکی	شاغل ساکن در سال				شاغل در محل شغل در سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۷۸	۱۷۶۰	۲۰۱۲	۲۴۷۶	۲۶۶۱	۱۴۳۷	۱۵۶۳	۱۶۹۷	۱۷۹۸
۷۹	۱۵۶۵	۱۵۵۶	۱۵۷۶	۱۵۹۱	۱۰۹۰	۱۱۸۶	۱۲۸۸	۱۳۶۵
۸۰	۱۶۰۶	۱۶۱۶	۱۶۴۵	۱۶۵۸	۴۱۱	۴۴۷	۴۸۶	۵۱۵
۸۱	۱۸۵۱	۱۸۶۵	۱۸۹۸	۱۹۱۲	۵۶۴۴	۶۱۳۹	۶۶۶۵	۷۰۶۴
۸۲	۲۱۰	۲۱۱	۲۱۵	۲۱۶	۷۵۰	۸۱۶	۸۸۶	۹۳۹
۸۳	۸۷	۸۷	۸۸	۸۹	۱۲۶۳	۱۳۷۴	۱۴۹۲	۱۵۸۱
۸۴	۰	۰	۰	۰	۱۶۳۷	۱۷۸۱	۱۹۳۴	۲۰۴۹
۸۵	۹۱۹	۹۲۴	۹۴۱	۹۴۸	۱۲۵۳	۱۳۶۲	۱۴۷۹	۱۵۶۸
۸۶	۸۱	۸۱	۸۳	۸۳	۲۷۶۴	۳۰۰۶	۳۲۶۴	۳۴۵۹
۸۷	۱۸۸۳	۱۸۹۳	۱۹۲۶	۱۹۴۱	۲۰۴۰	۲۲۱۹	۲۴۰۹	۲۵۵۳
۸۸	۱۴۱۰	۱۴۱۹	۱۴۴۴	۱۴۵۵	۱۲۷۱	۱۳۸۳	۱۵۰۱	۱۵۹۱
۸۹	۱۸۰۱	۱۸۱۰	۱۸۴۲	۱۸۵۶	۶۵۸	۷۱۶	۷۷۷	۸۲۴
۹۰	۱۹۰۱	۱۹۱۰	۱۹۴۴	۱۹۵۹	۲۷۳۵	۲۹۷۴	۳۲۳۰	۳۴۲۳
۹۱	۲۲۸۲	۲۲۹۱	۲۳۳۲	۲۳۴۹	۱۰۸۴	۱۱۷۹	۱۲۸۰	۱۳۵۷
۹۲	۱۱۲۵	۱۱۳۰	۱۱۵۰	۱۱۵۸	۲۸۶	۳۱۱	۳۳۷	۳۵۷
۹۳	۲۲۹۹	۲۵۴۷	۲۶۱۱	۲۶۳۱	۱۰۷۹	۱۱۷۳	۱۲۷۴	۱۳۵۰
۹۴	۲۴۹۴	۲۷۶۳	۲۸۳۲	۲۸۵۴	۹۴۳	۱۰۲۶	۱۱۱۴	۱۱۸۰
۹۵	۲۳	۱۳۴	۳۶۴	۵۵۸	۲۴۱	۲۶۲	۲۸۴	۳۰۱
۹۶	۱۲۷۳	۱۴۰۱	۱۴۳۵	۱۴۴۶	۴۵۷	۴۹۷	۵۳۹	۵۷۲
۹۷	۴۲	۲۴۵	۴۶۰	۵۲۹	۱۲۱۳	۱۳۱۹	۱۴۳۲	۱۵۱۸
۹۸	۱۴۴۹	۱۵۰۹	۱۵۴۰	۱۵۵۱	۱۵۲۳	۱۶۵۷	۱۷۹۹	۱۹۰۶
۹۹	۱۳۳۸	۱۳۴۷	۱۳۷۱	۱۳۸۱	۸۱	۸۸	۹۶	۱۰۲
۱۰۰	۱۲۹	۷۵۵	۲۰۵۶	۳۲۲۵	۱۶۱	۱۷۶	۱۹۱	۲۰۲
۱۰۱	۰	۰	۰	۰	۲۵۳	۲۷۵	۲۹۹	۳۱۷
۱۰۲	۹۳۴	۹۳۸	۹۵۵	۹۶۲	۴۷۷	۵۱۹	۵۶۳	۵۹۷
۱۰۳	۳۶۴۶	۳۸۳۷	۳۹۱۸	۳۹۴۸	۲۱۸۸	۲۳۸۰	۲۵۸۴	۲۷۳۹
۱۰۴	۱۸	۱۰۳	۲۸۱	۳۴۳	۲۸۵	۳۱۰	۳۳۷	۳۵۷
۱۰۵	۴۸۹	۱۴۶۰	۱۷۵۹	۱۸۵۷	۷۸۰	۸۴۸	۹۲۱	۹۷۶
۱۰۶	۳۸۱۸	۴۴۵۷	۵۵۴۴	۵۸۲۳	۷۷۹	۸۴۷	۹۲۰	۹۷۵
۱۰۷	۳۰۹۵	۵۸۸۸	۶۹۱۸	۹۴۳۲	۶۰۶	۶۵۹	۷۱۶	۷۵۹
۱۰۸	۷۱۹	۱۸۱۲	۲۱۲۹	۲۱۸۱	۶۲۷	۶۸۲	۷۴۰	۷۸۴

ناحیه ترافیکی	شاغل ساکن در سال				شاغل در محل شغل در سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۲۱۶۰	۲۳۴۹	۲۵۵۰	۲۷۰۳
۱۱۰	۱۸۴۸	۲۰۷۳	۲۲۰۲	۲۲۰۳	۵۷۲	۶۲۲	۶۷۵	۷۱۶
۱۱۱	۱۸۹	۱۹۷	۲۰۴	۲۰۲	۵۱۹	۵۶۴	۶۱۳	۶۴۹
۱۱۲	۱۱۲	۶۱۷	۳۲۱۳	۴۰۴۱	۷۶۹	۸۳۷	۹۰۹	۹۶۳
۱۱۳	۷۷۵	۵۸۵	۴۴۰	۳۳۴	۷۰۳۴	۷۶۵۰	۸۳۰۶	۸۸۰۳
۱۱۴	۲۱۲۲	۲۱۸۲	۲۲۳۶	۲۲۱۸	۷۰۵	۷۶۷	۸۳۳	۸۸۲
۱۱۵	۱۳۹۴	۱۴۳۳	۱۴۶۹	۱۴۵۷	۴۵۳	۴۹۳	۵۳۵	۵۶۸
۱۱۶	۵۳۳	۵۹۹	۶۳۶	۶۳۶	۱۰۴	۱۱۳	۱۲۳	۱۳۰
۱۱۷	۱۸۳۵	۱۴۸۱	۱۱۵۱	۸۷۵	۴۸۵	۵۲۷	۵۷۲	۶۰۷
۱۱۸	۱۷۴۳	۱۳۶۰	۱۰۵۷	۸۰۳	۱۸۷۰	۲۰۳۴	۲۲۰۸	۲۳۴۱
۱۱۹	۱۴۰۹	۱۴۴۱	۱۴۶۹	۱۴۴۹	۷۳۲	۷۹۶	۸۶۴	۹۱۶
۱۲۰	۱۶۷۷	۱۳۰۸	۱۰۱۷	۷۷۲	۱۱۱۵	۱۲۱۳	۱۳۱۷	۱۳۹۵
۱۲۱	۱۹۱۴	۲۰۲۵	۲۱۰۰	۲۰۸۸	۵۳۰	۵۷۷	۶۲۶	۶۶۴
۱۲۲	۱۸۵۲	۱۶۸۷	۱۳۴۴	۱۰۳۷	۴۱۷	۴۵۳	۴۹۲	۵۲۲
۱۲۳	۸۰۰	۷۵۲	۶۶۵	۵۶۸	۲۶۴	۲۸۸	۳۱۲	۳۳۱
۱۲۴	۱۸۱۵	۱۴۶۶	۱۱۳۹	۸۶۵	۵۶۳	۶۱۲	۶۶۵	۷۰۵
۱۲۵	۱۳۵۹	۱۴۰۹	۱۴۴۸	۱۴۳۸	۳۱۴	۳۴۱	۳۷۱	۳۹۳
۱۲۶	۹۲۲	۶۹۶	۵۲۴	۳۹۸	۳۲۹	۳۵۸	۳۸۸	۴۱۲
۱۲۷	۱۲۸۱	۱۳۹۱	۱۴۵۷	۱۴۵۳	۵۲۳	۵۶۹	۶۱۸	۶۵۵
۱۲۸	۹۲۷	۸۹۱	۷۲۶	۵۵۲	۲۷	۲۹	۳۱	۳۳
۱۲۹	۶۴۴	۴۸۶	۳۶۶	۲۷۸	۹۷۱	۱۰۵۶	۱۱۴۶	۱۲۱۵
۱۳۰	۱۴۰۸	۱۹۵۹	۲۱۴۴	۲۱۷۰	۵۷۳	۶۲۳	۶۷۶	۷۱۷
۱۳۱	۲۰۵۴	۲۶۳۴	۳۸۶۳	۴۲۰۸	۱۷۰۲	۱۸۵۱	۲۰۱۰	۲۱۳۰
۱۳۲	۳۸۳	۳۷۶	۳۷۷	۳۷۶	۱۵۹	۱۷۳	۱۸۸	۱۹۹
۱۳۳	۱۸۷۲	۱۶۲۱	۱۲۵۲	۹۷۱	۲۰۲۹	۲۲۰۷	۲۳۹۶	۲۵۳۹
۱۳۴	۹۸۷	۱۰۸۸	۱۲۹۲	۱۶۹۷	۱۸۲	۱۹۸	۲۱۵	۲۲۸
۱۳۵	۱۴۱۷	۱۳۱۳	۱۱۰۷	۹۲۹	۴۴۰	۴۷۹	۵۲۰	۵۵۱
۱۳۶	۱۵۲۴	۱۴۷۳	۱۴۵۴	۱۴۲۶	۶۷۸	۷۳۸	۸۰۱	۸۴۹
۱۳۷	۸۴۸	۸۲۶	۶۶۹	۵۱۹	۱۱۷	۱۲۸	۱۳۹	۱۴۷
۱۳۸	۷۴۰	۸۶۵	۱۲۱۰	۱۲۳۲	۴۹۱	۵۳۴	۵۸۰	۶۱۵
۱۳۹	۷۰۷	۱۱۴۶	۱۱۶۷	۱۱۸۱	۱۰۲۲	۱۱۱۱	۱۲۰۷	۱۲۷۹

ناحیه ترافیکی	شاغل ساکن در سال				شاغل در محل شغل در سال			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۴۰	۶۰۳	۷۷۲	۱۱۵۰	۱۷۷۰	۱۰۲۷	۱۱۱۷	۱۲۱۳	۱۲۸۵
۱۴۱	۱۲۵۶	۱۲۲۳	۱۲۱۶	۱۲۰۲	۱۰۱۵	۱۱۰۴	۱۱۹۹	۱۲۷۱
۱۴۲	۰	۰	۰	۰	۳۱	۳۳	۳۶	۳۸
۱۴۳	۱۰۴۷	۱۱۹۴	۱۲۴۷	۱۴۵۷	۷۸۸	۸۵۷	۹۳۱	۹۸۷
۱۴۴	۷۳۶	۷۱۴	۷۰۷	۵۴۸	۸۶۸	۹۴۴	۱۰۲۴	۱۰۸۶
۱۴۵	۴۵۳	۶۶۵	۱۰۶۲	۱۲۵۹	۴۳۱	۴۶۹	۵۰۹	۵۴۰
۱۴۶	۲۱۴۰	۲۲۱۴	۲۲۵۴	۲۲۸۳	۹۳۰	۱۰۱۲	۱۰۹۹	۱۱۶۴
۱۴۷	۱۶۶۹	۱۴۹۵	۱۳۶۷	۱۰۶۰	۱۸۸۱	۲۰۴۶	۲۲۲۱	۲۳۵۴
۱۴۸	۱۱۰۴	۱۲۷۷	۱۳۸۸	۱۷۱۰	۸۷	۹۵	۱۰۳	۱۰۹
۱۴۹	۶۶۶	۱۰۱۰	۱۶۱۹	۲۴۹۱	۵۳۵	۵۸۱	۶۳۱	۶۶۹
۱۵۰	۲۷۱۹	۲۷۱۱	۲۷۶۰	۲۷۹۵	۴۶۸	۵۰۹	۵۵۲	۵۸۶
۱۵۱	۲۱۳۷	۲۲۷۲	۲۵۴۸	۳۰۷۰	۹۸۲	۱۰۶۸	۱۱۶۰	۱۲۲۹
۱۵۲	۱۹۲۵	۱۹۱۹	۱۹۵۴	۱۹۷۸	۱۸۸۸	۲۰۵۳	۲۲۲۹	۲۳۶۳
۱۵۳	۶	۲۳	۳۶	۱۲۳	۵۱۸	۵۶۴	۶۱۲	۶۴۹
۱۵۴	۰	۰	۰	۰	۱۰۴۴	۱۱۳۵	۱۲۳۲	۱۳۰۶
۱۵۵	۱۱۸۰	۱۴۳۴	۱۴۶۰	۱۴۷۸	۶۳۸	۶۹۳	۷۵۳	۷۹۸

٤-١-٣- برآورد سرانه مالکیت خودرو

رشد شتابان شهرنشینی و افزایش وابستگی به وسایل نقلیه شخصی، الگوی غالب توسعه در بسیاری از کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، در دهه‌های اخیر بوده است. بر اساس آمارهای اخیر پلیس راهور، تعداد خودروهای پلاک اردبیل از مرز ۱۸۵ هزار دستگاه عبور کرده و رشدی ۲۱ هزار وسیله‌ای را در سال اخیر تجربه کرده است. این رشد نامتوازن در برابر ظرفیت محدود شبکه معابر و ناوگان حمل‌ونقل عمومی فرسوده، مدیریت شهری را با بحران "قفل‌شدگی ترافیکی" (Traffic Lock-in) روبرو ساخته است.

در فرآیند تدوین طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک، پیش‌بینی دقیق تعداد خودروهای شخصی سنگ بنای تمامی محاسبات بعدی از جمله مدل‌سازی تقاضای سفر، تخصیص ترافیک و طراحی شبکه معابر است. روش‌های سنتی که صرفاً برون‌یابی خطی روندهای گذشته بودند، در مواجهه با دینامیک‌های پیچیده اقتصادی ایران (رکود تورمی، نوسانات ارزی و سیاست‌های محدودیت واردات) کارایی خود را از دست داده‌اند. لذا، استفاده از روش‌های ساختارمندتر نظیر مدل‌های S-شکل مبتنی بر درآمد سرانه، که در ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه و بودجه توصیه شده است، اهمیتی دوچندان می‌یابد.

هدف اصلی این بخش از گزارش، ارزیابی علمی و فنی متدولوژی پیشنهادی برای پیش‌بینی تعداد خودروی شخصی اردبیل است. این ارزیابی در سه لایه انجام می‌شود:

- لایه تئوریک: مقایسه روش رگرسیون لجستیک با سایر روش‌های آکادمیک (گمپرتز، مدل‌های گسسته، پنل دیتا).
- لایه تکنیکال: بررسی کیفیت داده‌های ورودی(GDP بانک مرکزی و جمعیت مرکز آمار)، نحوه برازش مدل، و منطق سناریوهای پیش‌بینی.
- لایه محلی: تحلیل روش تعمیم نتایج ملی به شهر اردبیل و چالش‌های مدل‌سازی اسقاط خودرو در ایران.

سند مرجع در این بخش از گزارش، ضابطه شماره ۸۰۱ با عنوان دستورالعمل مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری و حومه است که در سال ۱۳۹۹ توسط سازمان برنامه و بودجه ابلاغ شده است. این ضابطه به عنوان مکمل نشریه ۳۱۴ (شرح خدمات مطالعات جامع)، چارچوب فنی و اجرایی مدل‌سازی تقاضا را تعیین می‌کند. فصل نهم این ضابطه به صراحت به پیش‌بینی متغیرهای جانبی از جمله مالکیت خودرو می‌پردازد و مشاوران را ملزم به استفاده از روش‌های کمی قابل دفاع و مبتنی بر متغیرهای کلان اقتصادی می‌کند. رعایت الزامات این ضابطه برای تصویب مطالعات در شورای عالی ترافیک شهرهای کشور الزامی است.

ابتدا در این بخش، به بررسی عمیق ادبیات جهانی و روش‌های علمی پیش‌بینی مالکیت خودرو پرداخته می‌شود. درک تئوری‌های زیربنایی کمک می‌کند تا محدودیت‌ها و مزایای روش پیشنهادی را بهتر شناخت.

در متون علمی اقتصاد حمل‌ونقل، مدل‌های پیش‌بینی مالکیت خودرو به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱- مدل‌های سری زمانی تجمعی[۱]:

این مدل‌ها که روش پیشنهادی در این گزارش نیز در زمره آن‌هاست، رفتار کل سیستم (کشور یا شهر) را در طول زمان بررسی می‌کنند. فرض بنیادین این مدل‌ها وجود یک رابطه همبستگی قوی و علی میان سطح توسعه اقتصادی معمولاً درآمد سرانه و سطح موتورزاسیون[۲] است.

مبانی نظری: این مدل‌ها بر پایه تئوری انتشار نوآوری[۳] بنا شده‌اند. فرض بر این است که خودرو یک کالای بادوام است که نفوذ آن در جامعه از یک الگوی رشد بیولوژیک پیروی می‌کند: شروع کند، رشد سریع و در نهایت اشباع.

کاربرد: به دلیل نیاز کمتر به داده‌های خرد و قابلیت انطباق با پیش‌بینی‌های کلان اقتصادی دولت‌ها، این روش استاندارد طلایی برای مطالعات ملی و طرح‌های جامع شهری بلندمدت است.

۲- مدل‌های انتخاب گسسته[۴]:

این مدل‌ها که ریشه در اقتصاد خرد دارند، بر اساس تئوری مطلوبیت تصادفی[۵] بنا شده‌اند. در این رویکرد، واحد تصمیم‌گیری خانوار یا فرد است.

ساختار مدل: مدل‌هایی نظیر لوجیت چندگانه[۶] یا لوجیت آشیانه‌ای[۷] احتمال انتخاب تعداد خودرو (۰، ۱، ۲، +۳) و نوع خودرو را بر اساس ویژگی‌های خانوار (درآمد، بعد خانوار، تعداد گواهینامه، دسترسی به حمل‌ونقل عمومی) و ویژگی‌های خودرو (قیمت، هزینه سوخت) محاسبه می‌کنند.

محدودیت‌ها برای پیش‌بینی بلندمدت: اگرچه این مدل‌ها حساسیت سیاست‌گذاری بالایی دارند (مثلاً تاثیر افزایش قیمت بنزین بر انتخاب خودرو)، اما برای پیش‌بینی ۲۰ ساله مناسب نیستند. دلیل آن نیاز به پیش‌بینی توزیع دقیق ویژگی‌های خانوارها در آینده دور است که خود دارای خطای زیادی است.

---

۱ Aggregate Time-Series Models
۲ Motorization Level
۳ Diffusion of Innovation
۴ Disaggregate Discrete Choice Models
۵ Random Utility Theory
۶ Multinomial Logit
۷ Nested Logit

۳- مدل‌های شبه-پانل[۱]

این روش راهکاری میانه است که با استفاده از داده‌های مقطعی تکراری، رفتار نسل‌ها را در طول زمان ردیابی می‌کند. برای مثال، رفتار مالکیت خودروی متولدین دهه ۱۳۶۰ را در سال‌های مختلف پایش می‌کند. این روش اثرات درآمدی را از اثرات نسلی (مانند تغییر فرهنگ استفاده از خودرو) تفکیک می‌کند.

۴- توابع رشد سیگموئیدی[۲] (تحلیل ریاضی و تطبیقی روش پیشنهادی)

در مدل‌های تجمعی، توافق عام بر این است که رابطه درآمد و مالکیت خودرو خطی نیست. کشش درآمدی تقاضا[۳] در سطوح مختلف توسعه متفاوت است. برای مدل‌سازی این رفتار غیرخطی، از توابع سیگموئیدی استفاده می‌شود. سه تابع اصلی در ادبیات موضوع عبارتند از:

الف. تابع لجستیک[۴]:

تابع لجستیک که در روش پیشنهادی استفاده شده، متقارن‌ترین فرم منحنی S است. فرمول ریاضی آن به صورت زیر است:

$$V(t) = \frac{S}{۱ + \alpha e^{-\beta x(t)}}$$

در این رابطه:

- V(t): تعداد خودرو پلاک گذاری شده
- S: سطح اشباع نهایی
- α و β: پارامترهای انحنا و سرعت رشد.

تحلیل ویژگی‌ها: مهم‌ترین ویژگی تابع لجستیک، تقارن آن حول نقطه عطف است. نقطه عطف، جایی که شتاب رشد از مثبت به منفی تغییر می‌کند (مشتق دوم صفر می‌شود)، دقیقاً در $V = S/۲$ رخ می‌دهد. این یعنی فرض می‌شود مسیر رسیدن جامعه از ۰ به ۵۰ درصد اشباع، قرینه مسیر ۵۰ تا ۱۰۰ درصد است.

---

[۱] Pseudo-Panel Approaches
[۲] S-Curves
[۳] Income Elasticity
[۴] Logistic Function

ب. تابع گمپرتز[1]:

بسیاری از پژوهشگران برجسته نظیر دارگی و گیتلی (Dargay & Gately, ۱۹۹۹) و مطالعات جدیدتر بر روی چین و هند، نشان داده‌اند که تابع گمپرتز اغلب برازش بهتری برای داده‌های مالکیت خودرو دارد.

$$V(t) = Se^{\alpha e^{\beta x(t)}}$$

ویژگی کلیدی گمپرتز عدم تقارن است. نقطه عطف در این تابع در حدود $S/e \approx ۰.۳۷S$ رخ می‌دهد. این ویژگی با واقعیت بسیاری از کشورهای در حال توسعه همخوانی بیشتری دارد: رشد اولیه نسبتاً دشوار (به دلیل ضعف زیرساخت)، سپس یک جهش ناگهانی (Motorization Boom) و سپس یک دوره طولانی و کند برای رسیدن به اشباع نهایی.

انتخاب بین این دو تابع نباید تصادفی باشد. مطالعات نشان داده‌اند که برای کشورهایی با رشد اقتصادی پرنوسان و موانع عرضه (مانند ایران)، توابع انعطاف‌پذیرتر یا استفاده از رگرسیون نمادین نتایج بهتری می‌دهد. با این حال، تابع لجستیک به دلیل سادگی تفسیر و پایداری در شرایطی که داده‌ها نویز دارند، همچنان در دستورالعمل‌های اجرایی (مانند ضابطه ۸۰۱) محبوبیت دارد. استفاده از تابع لجستیک، اگرچه ممکن است بهترین برازش آماری مطلق را نداشته باشد، اما از نظر پایداری پیش‌بینی برای یک طرح جامع حمل و نقل می‌تواند قابل دفاع باشد.

سطح اشباع (S) بحرانی‌ترین پارامتر در مدل‌های S-شکل است. این پارامتر نشان می‌دهد که اگر درآمد به بی‌نهایت میل کند، تعداد خودروها در چه سطحی متوقف می‌شود.

- **استانداردهای جهانی**: در ایالات متحده، سطح اشباع حدود ۸۵۰ خودرو در ۱۰۰۰ نفر است. در اروپای غربی و ژاپن، به دلیل تراکم بالاتر و حمل‌ونقل عمومی قوی، این رقم بین ۵۵۰ تا ۶۵۰ است.
- **کشورهای در حال توسعه**: پژوهش‌های موسسه RAND بر روی کشورهای BRIC (برزیل، روسیه، هند، چین) نشان می‌دهد که سطح اشباع این کشورها لزماً به سطح آمریکا یا اروپا نخواهد رسید و تحت تاثیر عواملی چون تراکم شهری، سیاست‌های دولتی و زیرساخت خواهد بود.
- **روش تخمین**: در روش پیشنهادی این مطالعه، سطح اشباع به صورت ۱۰ درصد بالاتر از بیشینه تاریخی فرض شده است. این یک رویکرد حداقلی است. در ادبیات آکادمیک، روش‌های پیشرفته‌تری وجود دارد که در آن S نیز به عنوان یک پارامتر مجهول توسط مدل تخمین زده می‌شود. اما در داده‌های ایران که هنوز بخش مسطح منحنی S مشاهده نشده است، تخمین درون‌زا معمولاً منجر به اعداد غیرواقعی (بسیار بالا یا بسیار پایین) می‌شود. بنابراین، تعیین سقف برون‌زا برای جلوگیری از خطاهای مدل‌سازی ضروری است.

در مدل‌های سری زمانی، تفکیک اثرات درآمدی از قیمتی چالش‌برانگیز است.

[1] Gompertz Function

- درآمد: افزایش GDP سرانه، قدرت خرید را بالا می‌برد و مالکیت را افزایش می‌دهد.
- قیمت: در ایران، خودرو همواره با تورم و نرخ ارز نوسان می‌کند. اگر رشد قیمت خودرو سریع‌تر از رشد GDP باشد (کاهش قدرت خرید واقعی)، مدل‌های ساده مبتنی بر GDP ممکن است تقاضا را بیش‌برآورد کنند.

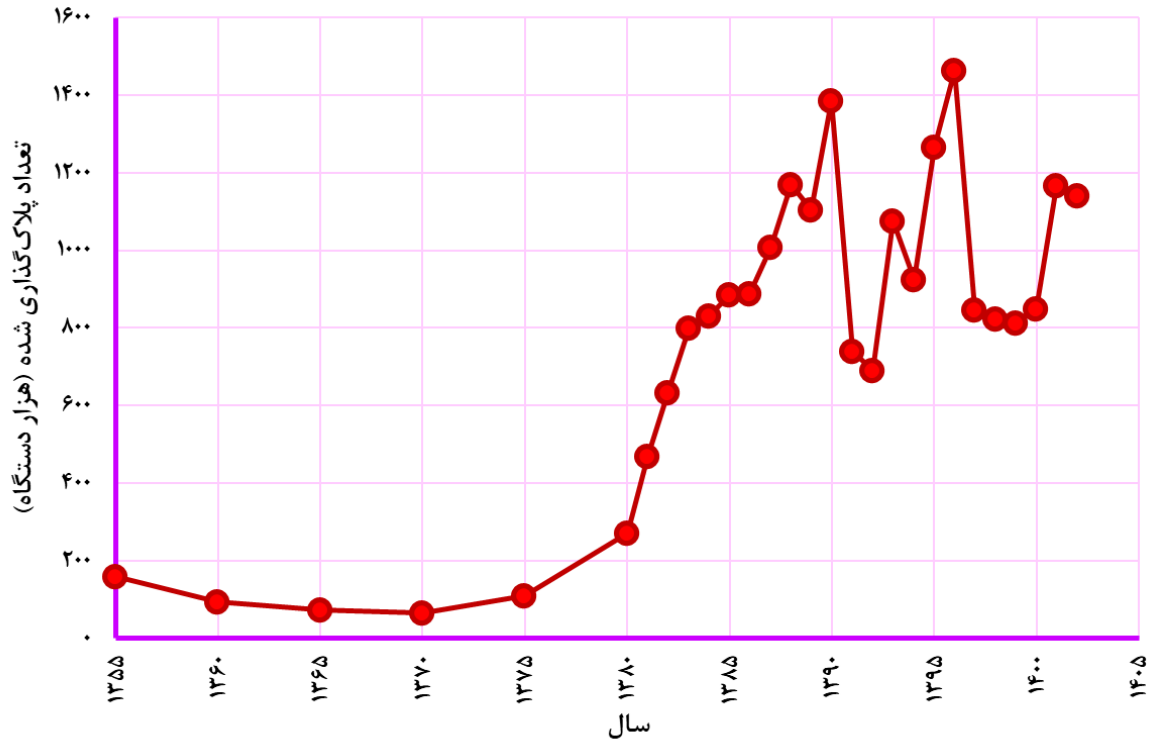
جایگزین‌ها: برخی مطالعات از درآمد قابل تصرف خانوار[1] به جای GDP استفاده می‌کنند که شاخص دقیق‌تری از قدرت خرید است، اما دسترسی به داده‌های بلندمدت دقیق آن در سطح شهرها دشوارتر است.

[1] Household Disposable Income

جدول ۳-۱۳ :تعداد پلاک‌گذاری کل کشور در هر سال بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران

سال	کامیون کشنده	تاکسی	سواری	کامیون	اتوبوس	کامیونت	مینی‌بوس	وانت	آمبولانس	ماشین آلات کشاورزی	سایر	موتور سیکلت
۱۳۵۵			۱۵۸,۳۲۱		۴,۱۷۵				۱۹			۲۱,۵۴۷
۱۳۶۰			۹۴,۶۵۹		۳,۵۱۷				۴۴			۲۵,۰۲۴
۱۳۶۵			۷۳,۳۸۹		۱,۷۳۵		۲,۴۷۹		۱۳۲			۲۹,۱۹۱
۱۳۷۰	۲,۲۲۸		۶۵,۶۲۶	۱۲,۸۶۱	۲,۲۷۴		۵,۰۷۲					۲۴,۳۳۵
۱۳۷۵	۱,۱۸۴		۱۰۹,۵۵۲	۴,۶۴۵	۹۰۲		۱,۲۲۶					۳۱,۹۶۷
۱۳۸۰	۱,۶۷۷		۲۷۱,۸۸۶	۶,۰۳۷	۲,۶۸۹		۱,۳۰۶					۱۲۴,۳۵۱
۱۳۸۱	۳,۲۷۱		۴۷۰,۲۸۷	۶,۶۱۳	۲,۷۴۰		۱,۷۱۱					۲۰۳,۶۴۸
۱۳۸۲	۱,۱۹۸		۶۳۴,۴۸۲	۴,۵۲۵	۲,۸۲۹		۱,۷۰۹					۱,۲۰۶,۴۹۴
۱۳۸۳	۱۱,۳۳۱		۸۰۱,۱۱۲	۱۶,۷۱۲	۳,۱۷۲		۱,۱۹۹					۱,۳۶۳,۵۴۳
۱۳۸۴	۱۴,۴۸۹		۸۳۱,۸۲۹	۱۳,۶۲۰	۱,۴۲۸		۳,۲۸۸					۱,۰۶۲,۸۱۱
۱۳۸۵	۹,۷۲۶	۲۶,۷۳۹	۸۸۵,۶۳۶	۱۵,۵۵۷	۳,۳۳۸	۲۹,۲۰۵	۱,۴۹۷	۱۲۱,۶۸۴	۴۸۲		۲,۶۰۵	۸۶۲,۶۲۶
۱۳۸۶	۱۱,۷۴۷		۸۸۹,۲۱۳	۲۲,۰۸۸	۷,۲۳۸		۳,۸۹۹					۱,۰۶۶,۵۳۸
۱۳۸۷	۱۲,۸۴۱		۱,۰۰۷,۴۰۳	۲۲,۲۶۹	۴,۴۱۵		۴,۳۵۰					۶۵۴,۳۲۰
۱۳۸۸	۱۰,۱۲۲		۱,۱۷۰,۵۸۱	۲۲,۹۵۸	۴,۶۶۳		۳,۶۳۳					۵۹۱,۳۱۸
۱۳۸۹		۱۳,۹۹۲	۱,۱۰۴,۳۰۴	۲۱,۵۲۲	۳,۱۲۳		۲,۰۷۹		۱,۱۴۶	۸,۳۳۸	۸,۳۳۸	۸۳۵,۷۱۱
۱۳۹۰	۱۲,۳۳۶	۴۱,۰۱۲	۱,۳۸۴,۴۹۶	۲۱,۴۱۲	۲,۷۶۰	۵,۶۲۶	۲,۶۵۸	۱۸۰,۰۴۹	۱,۷۹۷	۶,۳۱۹	۳,۵۵۸	۸۱۳,۳۸۶

سال	کامیون کشنده	تاکسی	سواری	کامیون	اتوبوس	کامیونت	مینی‌بوس	وانت	آمبولانس	ماشین آلات کشاورزی	سایر	موتور سیکلت
۱۳۹۱		۳,۲۹۳	۷۳۹,۳۳۰	۹,۸۹۹	۱,۲۹۰		۱,۵۳۱		۶۶۲	۹,۸۶۹	۱۲,۰۲۰	۴۱۸,۷۳۳
۱۳۹۲		۹۴۵	۶۹۱,۷۴۰	۷,۱۴۴	۷۳۷		۳۲۰		۵۳۰	۵,۵۵۹	۹,۱۴۱	۳۱۲,۵۹۴
۱۳۹۳		۷,۲۷۶	۱,۰۷۶,۹۴۶	۴۰,۶۶۴	۶۷۴		۲۱۷		۵۶۸	۲۰,۵۶۵	۱۶,۵۰۷	۵۳۸,۶۳۲
۱۳۹۴		۳,۲۹۴	۹۲۵,۸۹۸	۳۳,۵۲۹	۷۱۹		۵۰۹		۵۳۷	۱۱,۳۰۲	۸,۴۶۰	۴۵۳,۲۴۹
۱۳۹۵	۶,۰۶۰	۴۸,۶۲۱	۱,۲۶۵,۴۹۷	۱۰,۳۲۳	۱,۲۵۹	۱,۹۷۰	۹۲۸	۸۰,۰۷۶	۶۰۶	۲۵,۷۳۰	۴,۲۸۱	۷۳۶,۹۵۳
۱۳۹۶	۵,۳۹۰	۱۶,۰۰۴	۱,۴۶۳,۱۸۲	۷,۸۵۰	۱,۴۷۶	۱۷,۳۵۱	۸۵۱	۵۸,۴۱۵	۷۷۴	۲۲,۷۹۱	۵,۰۰۳	۱۵۳,۱۱۹
۱۳۹۷	۴,۲۷۶	۲,۵۵۸	۸۴۶,۶۴۶	۴,۸۶۰	۷۸۹	۲۳,۲۰۳	۸۹۱	۲۹,۷۲۱	۵۵۹	۲,۲۸۷	۳۶,۹۸۶	۱۶۴,۵۲۵
۱۳۹۸	۱,۲۴۸	۴,۲۹۴	۸۲۳,۵۵۵	۲,۸۰۵	۳۴۸	۳۳,۶۳۱	۵۵۸	۳۵,۲۷۷	۲۴۳	۳,۲۶۹	۸۶,۶۰۹	۱۱۶,۹۷۴
۱۳۹۹	۱,۶۱۳	۸,۴۹۸	۸۱۲,۴۵۲	۳,۵۵۳	۳۱۳	۳۳,۸۷۸	۴۱۹	۴۳,۹۵۴	۲۶۰	۶,۱۷۱	۱۰۲,۹۶۰	۲۰۹,۸۱۹
۱۴۰۰	۶,۱۵۳	۱۰,۱۹۱	۸۴۹,۷۲۰	۷,۰۹۷	۵۶۴	۳۱,۸۸۶	۲۳۸	۴۳,۹۸۱	۲۱۲	۸,۴۰۳	۹۷,۸۶۰	۲۷۳,۲۹۵
۱۴۰۱	۲۹,۳۱۲	۷,۸۱۵	۱,۱۶۷,۰۳۸	۱۰,۶۵۳	۸۰۷	۴۸,۰۲۹	۵۱۳	۸۰,۴۱۱	۲۶۰	۶,۸۴۷	۸۳,۴۱۰	۴۵۷,۷۲۷
۱۴۰۲	۲۰,۹۰۹	۵,۹۷۱	۱,۱۴۰,۹۸۴	۱۸,۹۷۹	۷۵۷	۴۸,۱۸۹	۱,۱۶۱	۱۱۶,۸۳۸	۵۰۷	۴,۱۸۷	۵۸,۴۷۰	۵۷۸,۵۴۳
بیشینه	**۲۹,۳۱۲**	**۴۸,۶۲۱**	**۱,۴۶۳,۱۸۲**	**۴۰,۶۶۴**	**۷,۲۳۸**	**۴۸,۱۸۹**	**۵,۰۷۲**	**۱۸۰,۰۴۹**	**۱,۷۹۷**	**۲۵,۷۳۰**	**۱۰۲,۹۶۰**	**۱,۳۶۳,۵۴۳**
متوسط	**۸,۳۵۶**	**۱۳,۳۶۷**	**۷۷۶,۹۹۲**	**۱۳,۹۲۷**	**۲,۱۶۹**	**۲۷,۲۹۷**	**۱,۷۰۲**	**۷۹,۰۴۱**	**۵۱۹**	**۱۰,۱۱۷**	**۳۵,۷۴۷**	**۴۷۶,۱۰۶**
کمینه	**۱,۱۸۴**	**۹۴۵**	**۶۵,۶۲۶**	**۲,۸۰۵**	**۳۱۳**	**۱,۹۷۰**	**۲۱۷**	**۲۹,۷۲۱**	**۱۹**	**۲,۲۸۷**	**۲,۶۰۵**	**۲۱,۵۴۷**



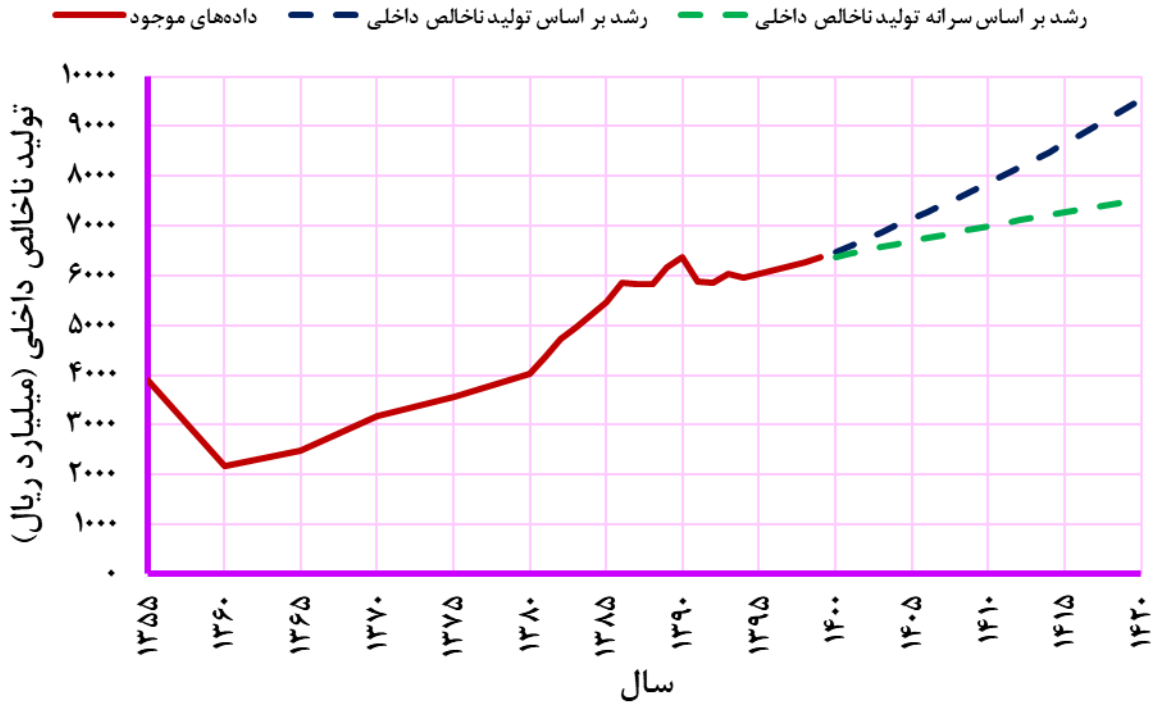
شکل ۳-۲۱ : نمودار تعداد خودروهای پلاک‌گذاری شده در هر سال در کل کشور بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران

جدول ۳-۱۴ : تولید ناخالص داخلی و سرانه آن طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۴۰۲ بر اساس داده‌های بانک مرکزی

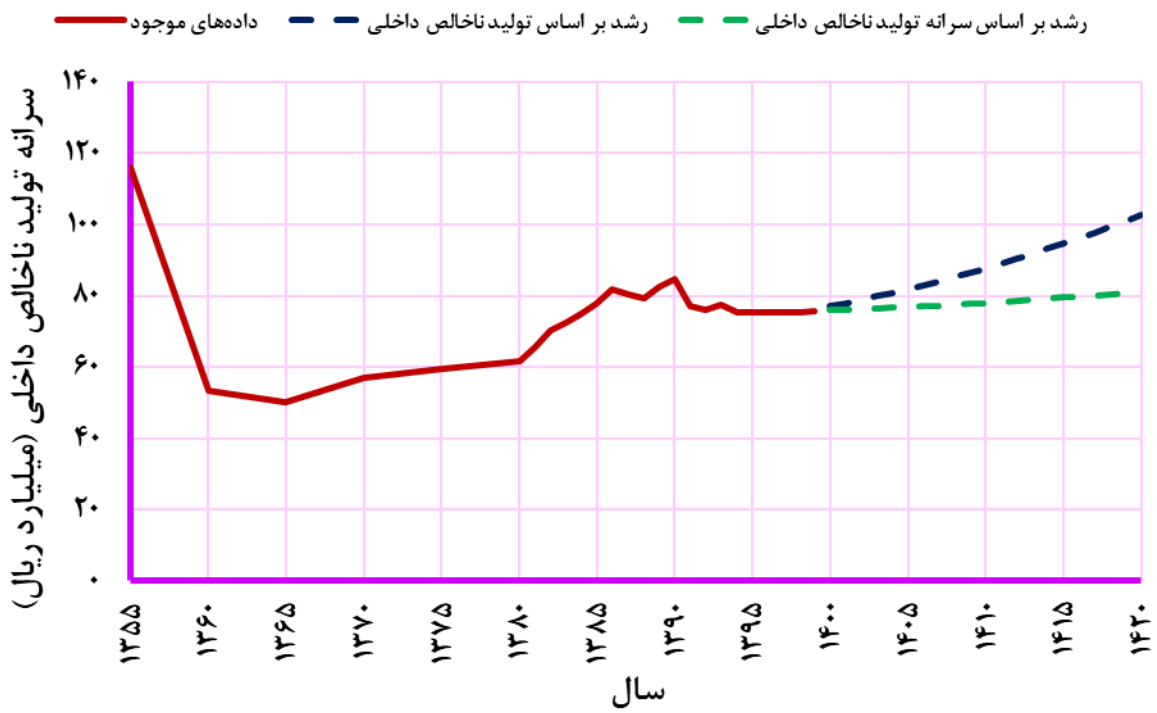
سال	جمعیت کشور (نفر)	تولید ناخالص کشور (میلیارد ریال)	متوسط تغییرات سالانه تولید ناخالص داخلی (درصد)	سرانه تولید ناخالص داخلی کشور (میلیون ریال بر نفر)	متوسط تغییرات سالانه سرانه تولید ناخالص داخلی کشور (درصد)
۱۳۵۵	۳۳,۷۰۸,۷۴۴	۳,۹۰۳,۱۱۲	-	۱۱۵.۸	-
۱۳۶۰	۴۰,۶۰۱,۹۸۲	۲,۱۶۴,۹۷۱	٪۱۱.۱۲-	۵۳.۳	٪۱۴.۳۷-
۱۳۶۵	۴۹,۴۴۵,۰۱۰	۲,۴۷۵,۰۸۶	٪۲.۷۱	۵۰.۱	٪۱.۲۳-
۱۳۷۰	۵۵,۸۳۷,۱۶۳	۳,۱۸۵,۲۰۵	٪۵.۱۷	۵۷.۰	٪۲.۶۱
۱۳۷۵	۶۰,۰۵۵,۴۸۸	۳,۵۶۷,۶۵۷	٪۲.۲۹	۵۹.۴	٪۰.۸۳
۱۳۸۰	۶۵,۲۷۵,۶۳۵	۴,۰۳۱,۷۴۹	٪۲.۴۸	۶۱.۸	٪۰.۸۰
۱۳۸۱	۶۶,۲۸۸,۰۰۰	۴,۳۵۹,۲۹۴	٪۸.۱۲	۶۵.۸	٪۶.۴۷
۱۳۸۲	۶۷,۳۱۶,۰۰۰	۴,۷۲۶,۱۹۹	٪۸.۴۲	۷۰.۲	٪۶.۶۹
۱۳۸۳	۶۸,۳۵۹,۰۰۰	۴,۹۴۵,۳۶۹	٪۴.۶۴	۷۲.۳	٪۲.۹۹
۱۳۸۴	۶۹,۴۱۹,۰۰۰	۵,۱۹۹,۷۶۹	٪۵.۱۴	۷۴.۹	٪۳.۶۰
۱۳۸۵	۷۰,۴۹۵,۷۸۲	۵,۴۷۶,۳۳۷	٪۵.۳۲	۷۷.۷	٪۳.۷۴

سال	جمعیت کشور (نفر)	تولید ناخالص کشور (میلیارد ریال)	متوسط تغییرات سالانه تولید ناخالص داخلی (درصد)	سرانه تولید ناخالص داخلی کشور (میلیون ریال بر نفر)	متوسط تغییرات سالانه سرانه تولید ناخالص داخلی کشور (درصد)
۱۳۸۶	۷۱,۵۳۲,۰۰۰	۵,۸۴۴,۸۸۵	٪۶.۷۳	۸۱.۷	٪۵.۱۵
۱۳۸۷	۷۲,۵۸۴,۰۰۰	۵,۸۴۰,۴۸۱	٪۰.۰۸-	۸۰.۵	٪۱.۴۷-
۱۳۸۸	۷۳,۶۵۱,۰۰۰	۵,۸۴۰,۸۰۰	٪۰.۰۱	۷۹.۳	٪۱.۴۹-
۱۳۸۹	۷۴,۷۳۳,۰۰۰	۶,۱۷۵,۲۷۴	٪۵.۷۳	۸۲.۶	٪۴.۱۶
۱۳۹۰	۷۵,۱۴۹,۶۶۹	۶,۳۶۴,۳۶۹	٪۳.۰۶	۸۴.۷	٪۲.۵۴
۱۳۹۱	۷۶,۰۷۵,۰۰۰	۵,۸۷۳,۴۲۴	٪۷.۷۱-	۷۷.۲	٪۸.۸۵-
۱۳۹۲	۷۷,۰۱۶,۰۰۰	۵,۸۵۴,۳۲۹	٪۰.۳۳-	۷۶.۰	٪۱.۵۵-
۱۳۹۳	۷۷,۹۷۰,۰۰۰	۶,۰۴۲,۵۳۵	٪۳.۲۱	۷۷.۵	٪۱.۹۷
۱۳۹۴	۷۸,۹۴۰,۰۰۰	۵,۹۴۶,۶۸۰	٪۱.۵۹-	۷۵.۳	٪۲.۸۴-
۱۳۹۵	۷۹,۹۲۶,۲۷۰	۶,۰۲۷,۰۳۴	٪۱.۳۵	۷۵.۴	٪۰.۱۳
۱۳۹۶	۸۱,۰۷۰,۰۰۰	۶,۱۰۸,۴۷۳	٪۱.۳۵	۷۵.۳	٪۰.۱۳-
۱۳۹۷	۸۲,۰۸۴,۰۰۰	۶,۱۹۱,۰۱۳	٪۱.۳۵	۷۵.۴	٪۰.۱۳
۱۳۹۸	۸۳,۰۷۵,۰۰۰	۶,۲۷۴,۶۶۸	٪۱.۳۵	۷۵.۵	٪۰.۱۳
۱۳۹۹	۸۴,۰۳۸,۰۰۰	۶,۳۵۹,۴۵۴	٪۱.۳۵	۷۵.۷	٪۰.۲۶
۱۴۰۰	۸۴,۰۵۵,۰۰۰	۶,۳۷۹,۷۷۵	٪۰.۳۲	۷۵.۹	٪۰.۳۲
۱۴۰۱	۸۴,۷۰۰,۰۰۰	۶,۴۴۵,۶۷۰	٪۱.۰۳	۷۶.۱	٪۰.۳۲
۱۴۰۲	۸۵,۳۲۹,۰۰۰	۶,۵۱۰,۶۰۳	٪۱.۰۱	۷۶.۳	٪۰.۳۲
۱۴۰۲	۸۵,۹۶۱,۰۰۰	۶,۵۷۶,۰۱۷	٪۱.۰۰	۷۶.۵	٪۰.۳۲
۱۴۰۴	۸۶,۵۶۲,۰۰۰	۶,۶۳۹,۳۰۵	٪۰.۹۶	۷۶.۷	٪۰.۳۲
۱۴۰۵	۸۷,۱۳۴,۰۰۰	۶,۷۰۰,۶۰۵	٪۰.۹۲	۷۶.۹	٪۰.۳۲
۱۴۰۶	۸۷,۶۷۶,۰۰۰	۶,۷۵۹,۸۲۰	٪۰.۸۸	۷۷.۱	٪۰.۳۲
۱۴۰۷	۸۸,۱۹۰,۰۰۰	۶,۸۱۷,۰۸۷	٪۰.۸۵	۷۷.۳	٪۰.۳۲
۱۴۰۷	۸۸,۶۷۸,۰۰۰	۶,۸۷۲,۵۴۵	٪۰.۸۱	۷۷.۵	٪۰.۳۲
۱۴۰۹	۸۹,۱۴۱,۰۰۰	۶,۹۲۶,۲۵۶	٪۰.۷۸	۷۷.۷	٪۰.۳۲
۱۴۱۰	۸۹,۵۸۰,۰۰۰	۶,۹۸۷,۲۴۰	٪۰.۸۸	۷۸.۰	٪۰.۳۲
۱۴۱۱	۸۹,۹۹۶,۰۰۰	۷,۰۴۶,۶۸۷	٪۰.۸۵	۷۸.۳	٪۰.۳۲
۱۴۱۲	۹۰,۳۹۱,۰۰۰	۷,۱۰۴,۷۳۳	٪۰.۸۲	۷۸.۶	٪۰.۳۲
۱۴۱۲	۹۰,۷۶۵,۰۰۰	۷,۱۶۱,۳۵۹	٪۰.۸۰	۷۸.۹	٪۰.۳۲
۱۴۱۴	۹۱,۱۱۶,۰۰۰	۷,۲۱۶,۳۸۷	٪۰.۷۷	۷۹.۲	٪۰.۳۲

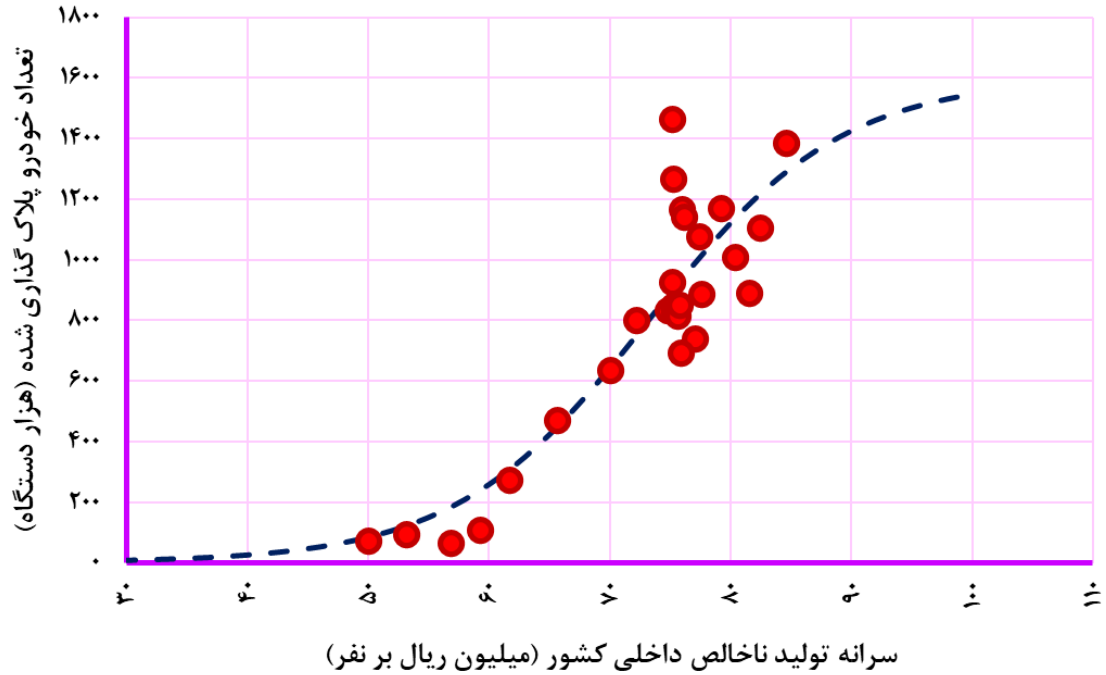
سال	جمعیت کشور (نفر)	تولید ناخالص کشور (میلیارد ریال)	متوسط تغییرات سالانه تولید ناخالص داخلی (درصد)	سرانه تولید ناخالص داخلی کشور (میلیون ریال بر نفر)	متوسط تغییرات سالانه سرانه تولید ناخالص داخلی کشور (درصد)
۱۴۱۵	۹۱,۴۴۶,۰۰۰	۷,۲۶۹,۹۵۷	٪۰.۷۴	۷۹.۵	٪۰.۳۲
۱۴۱۶	۹۱,۷۲۳,۰۰۰	۷,۳۱۹,۴۹۵	٪۰.۶۸	۷۹.۸	٪۰.۳۲
۱۴۱۷	۹۲,۰۰۰,۰۰۰	۷,۳۶۹,۲۰۰	٪۰.۶۸	۸۰.۱	٪۰.۳۲
۱۴۱۷	۹۲,۲۷۹,۰۰۰	۷,۴۱۹,۲۳۲	٪۰.۶۸	۸۰.۴	٪۰.۳۲
۱۴۱۹	۹۲,۵۵۸,۰۰۰	۷,۴۶۹,۴۳۱	٪۰.۶۸	۸۰.۷	٪۰.۳۲
۱۴۲۰	۹۲,۸۳۸,۰۰۰	۷,۵۱۹,۸۷۸	٪۰.۶۸	۸۱.۰	٪۰.۳۲



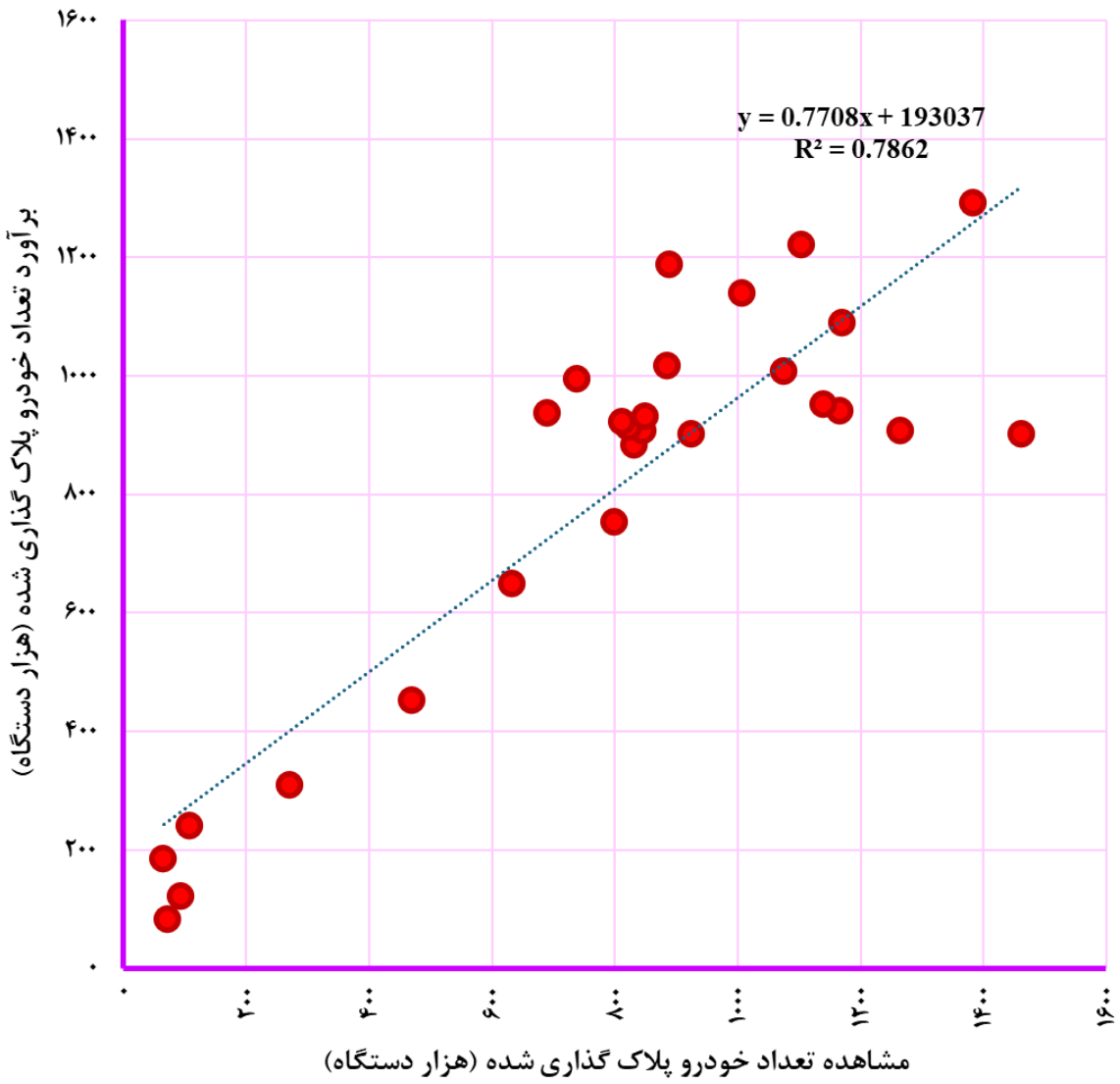
شکل ۳-۲۲ : پیش بینی تولید ناخالص داخلی در سال‌های افق



شکل ۳-۲۳ : پیش‌بینی سرانه تولید ناخالص داخلی در سال‌های افق



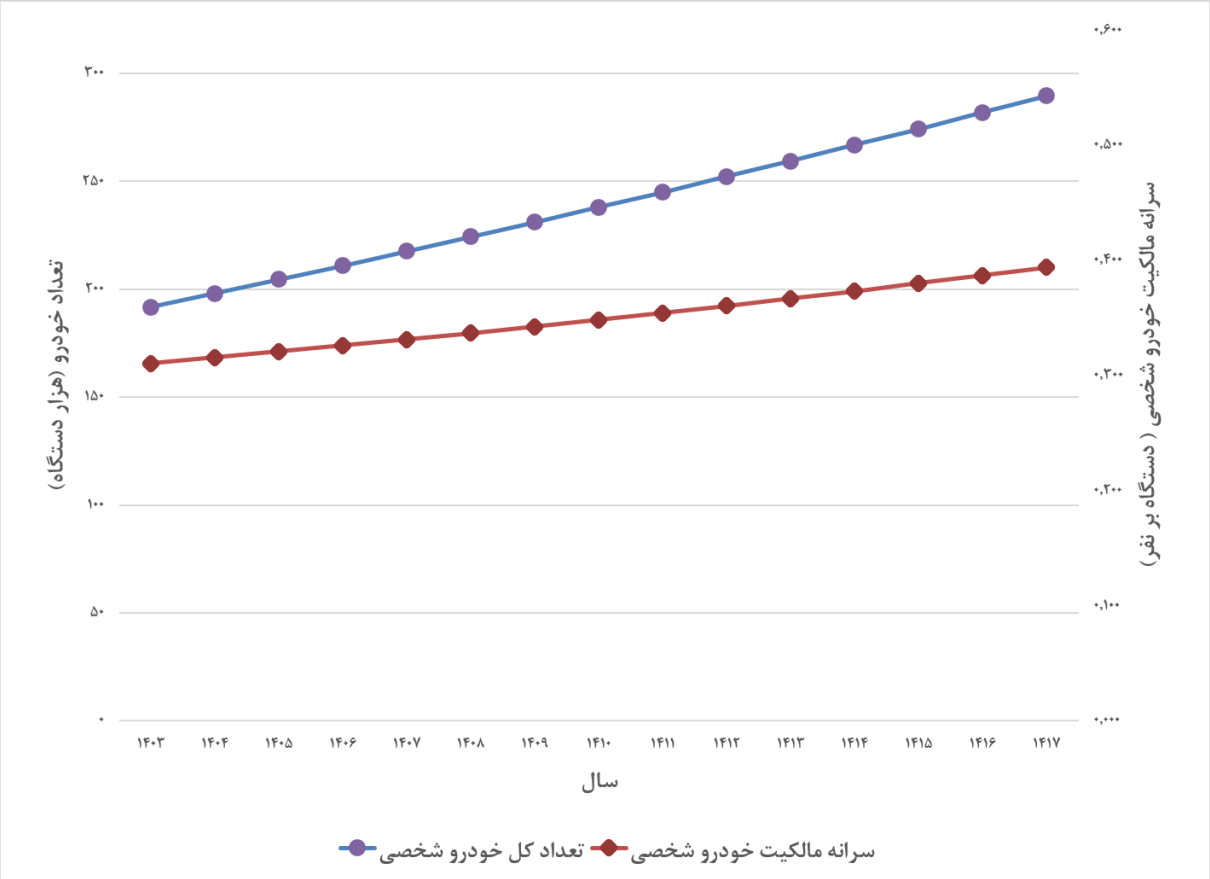
شکل ۳-۲۴ : برازش نمودار S شکل بر داده‌های تعداد خودرو پلاک گذاری شده و سرانه تولید ناخالص داخلی



شکل ۳-۲۵ : پراکنش برآورد مشاهده مدل S شکل پرداخت شده جهت پیش‌بینی تعداد خودرو پلاک‌گذاری شده

جدول ۳-۱۵ : برآورد تعداد خودرو در محدوده مورد مطالعه در سال‌های افق

سال	جمعیت ایران (نفر)	تعداد کل خودرو سواری جدید پلاک‌گذاری شده (دستگاه)	جمعیت اردبیل (نفر)	تعداد کل خودرو سواری جدید پلاک‌گذاری شده در اردبیل (دستگاه)	تعداد کل خودرو در شهر اردبیل (دستگاه)	سرانه مالکیت خودرو در شهر اردبیل (خودرو بر نفر)
۱۴۰۳	۸۵,۹۶۱,۰۰۰	۹۶۱,۵۱۰	۶۱۷,۵۵۰	۶,۹۰۸	۱۹۱,۷۱۲	۰.۳۱۰
۱۴۰۴	۸۶,۵۶۲,۰۰۰	۹۷۱,۰۸۵	۶۲۷,۶۶۶	۷,۰۴۱	۱۹۸,۰۵۸	۰.۳۱۶
۱۴۰۵	۸۷,۱۳۴,۰۰۰	۹۸۰,۶۰۸	۶۳۷,۵۶۲	۷,۱۷۵	۲۰۴,۴۸۶	۰.۳۲۱
۱۴۰۶	۸۷,۶۷۶,۰۰۰	۹۹۰,۰۷۸	۶۴۷,۲۲۳	۷,۳۰۹	۲۱۱,۰۰۰	۰.۳۲۶
۱۴۰۷	۸۸,۱۹۰,۰۰۰	۹۹۹,۴۹۲	۶۵۶,۶۳۲	۷,۴۴۲	۲۱۷,۶۰۲	۰.۳۳۱
۱۴۰۸	۸۸,۶۷۸,۰۰۰	۱,۰۰۸,۸۴۷	۶۶۵,۷۷۸	۷,۵۷۴	۲۲۴,۲۹۴	۰.۳۳۷
۱۴۰۹	۸۹,۱۴۱,۰۰۰	۱,۰۱۸,۱۴۱	۶۷۴,۶۵۰	۷,۷۰۶	۲۳۱,۰۷۷	۰.۳۴۳
۱۴۱۰	۸۹,۵۸۰,۰۰۰	۱,۰۳۱,۹۶۳	۶۸۳,۲۳۸	۷,۸۷۱	۲۳۷,۹۸۲	۰.۳۴۸
۱۴۱۱	۸۹,۹۹۶,۰۰۰	۱,۰۴۵,۶۳۶	۶۹۱,۵۳۵	۸,۰۳۵	۲۴۵,۰۰۹	۰.۳۵۴
۱۴۱۲	۹۰,۳۹۱,۰۰۰	۱,۰۵۹,۱۵۲	۶۹۹,۵۳۸	۸,۱۹۷	۲۵۲,۱۵۶	۰.۳۶۰
۱۴۱۳	۹۰,۷۶۵,۰۰۰	۱,۰۷۲,۵۰۴	۷۰۷,۲۴۱	۸,۳۵۷	۲۵۹,۴۲۳	۰.۳۶۷
۱۴۱۴	۹۱,۱۱۶,۰۰۰	۱,۰۸۵,۶۸۸	۷۱۴,۶۴۵	۸,۵۱۵	۲۶۶,۸۰۹	۰.۳۷۳
۱۴۱۵	۹۱,۴۴۶,۰۰۰	۱,۰۹۸,۶۹۵	۷۲۱,۷۴۸	۸,۶۷۲	۲۷۴,۳۱۲	۰.۳۸۰
۱۴۱۶	۹۱,۷۲۳,۰۰۰	۱,۱۱۱,۵۲۲	۷۲۸,۵۵۱	۸,۸۲۹	۲۸۱,۹۳۳	۰.۳۸۷
۱۴۱۷	۹۲,۰۰۰,۰۰۰	۱,۱۲۴,۱۶۲	۷۳۵,۰۵۸	۸,۹۸۲	۲۸۹,۶۷۰	۰.۳۹۴



شکل ۳-۲۶ : برآورد تعداد خودرو و سرانه مالکیت وسیله نقلیه شخصی در محدوده مورد مطالعه در سال‌های افق

جدول ۳-۱۶ : برآورد سرانه مالکیت وسیله نقلیه به تفکیک نواحی ترافیکی محدوده مورد مطالعه

شماره ناحیه	تعداد خودرو				سرانه مالکیت			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۲	۶۴۸	۶۳۶	۶۳۷	۶۳۴	۰.۳۱۶	۰.۳۲۷	۰.۳۴۷	۰.۳۶۴
۳	۲۳۰۷	۲۶۱۱	۳۴۱۱	۴۳۸۶	۰.۴۷۴	۰.۵۰۵	۰.۵۴۲	۰.۵۸۱
۴	۱۸۰۷	۲۰۸۴	۲۸۳۱	۳۹۲۹	۰.۳۶۶	۰.۳۸۸	۰.۴۱۴	۰.۴۴۱
۵	۶۷۹	۷۵۳	۸۸۹	۱۱۲۰	۰.۲۸۶	۰.۳۰۵	۰.۳۲۹	۰.۳۵۴
۶	۹۵۴	۱۱۴۰	۱۱۸۸	۱۲۳۶	۰.۲۶۳	۰.۲۸۱	۰.۳۰۱	۰.۳۲۳
۷	۲۱۴	۱۹۰	۱۷۰	۱۵۲	۰.۱۷۴	۰.۱۸۵	۰.۱۹۸	۰.۲۱۱
۸	۸۸۸	۱۰۴۰	۱۳۲۷	۱۴۴۰	۰.۴۲۲	۰.۴۳۷	۰.۴۵۹	۰.۴۸۲
۹	۱۳۰	۱۰۲	۸۲	۶۸	۰.۴۴۷	۰.۴۷۹	۰.۵۲۲	۰.۵۶۲
۱۰	۹۶۹	۱۰۵۲	۱۴۲۶	۱۹۷۲	۰.۳۲۴	۰.۳۴۶	۰.۳۷۲	۰.۴۰۰

شماره ناحیه	تعداد خودرو				سرانه مالکیت			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۱	۱۶۳۰	۱۸۷۵	۲۳۴۴	۲۹۷۹	۰.۴۷۴	۰.۵۰۱	۰.۵۳۴	۰.۵۶۸
۱۲	۳۲۸۷	۳۳۵۳	۳۵۰۶	۳۶۶۰	۰.۳۵۵	۰.۳۸۰	۰.۴۰۹	۰.۴۴۱
۱۳	۱۸۰۷	۲۱۰۵	۲۵۸۱	۳۱۹۹	۰.۲۶۵	۰.۲۸۵	۰.۳۰۸	۰.۳۳۳
۱۴	۱۰۵۷	۱۱۵۳	۱۳۳۰	۱۵۵۱	۰.۳۹۶	۰.۴۲۸	۰.۴۶۵	۰.۵۰۵
۱۵	۱۱۳۹	۹۷۵	۸۴۰	۶۹۶	۰.۳۰۴	۰.۳۲۷	۰.۳۵۴	۰.۳۸۴
۱۶	۱۱۱۴	۱۳۰۹	۱۵۷۹	۱۷۶۳	۰.۳۳۰	۰.۳۵۷	۰.۳۸۸	۰.۴۳۳
۱۷	۱۱۵۸	۱۲۱۱	۱۲۷۵	۱۳۴۱	۰.۳۰۸	۰.۳۳۰	۰.۳۵۶	۰.۳۸۴
۱۸	۷۳۷	۸۴۵	۱۰۴۷	۱۳۱۹	۰.۳۶۱	۰.۳۸۷	۰.۴۱۹	۰.۴۵۳
۱۹	۱۲۵۸	۱۵۸۰	۱۷۱۳	۱۹۱۳	۰.۲۶۸	۰.۲۸۷	۰.۳۱۰	۰.۳۴۶
۲۰	۵۸۹	۷۹۸	۸۶۹	۹۷۱	۰.۲۱۱	۰.۲۲۷	۰.۲۴۶	۰.۲۷۵
۲۱	۱۴۰	۱۸۰	۲۱۰	۲۳۵	۰.۱۴۰	۰.۱۵۰	۰.۱۶۳	۰.۱۸۲
۲۲	۱۴۵۶	۱۵۵۸	۱۶۶۰	۱۷۷۶	۰.۲۶۰	۰.۲۷۸	۰.۲۹۶	۰.۳۱۷
۲۳	۹۸۰	۱۰۸۷	۱۲۴۵	۱۱۹۳	۰.۳۴۸	۰.۳۷۴	۰.۴۰۵	۰.۴۳۸
۲۴	۱۲۵۳	۱۴۲۹	۱۳۷۶	۱۳۲۳	۰.۳۲۶	۰.۳۴۷	۰.۳۷۱	۰.۳۹۷
۲۵	۵۸۰	۷۰۲	۸۹۴	۹۹۸	۰.۲۴۷	۰.۲۶۸	۰.۲۹۴	۰.۳۲۸
۲۶	۱۵۴۴	۲۰۹۴	۲۳۶۸	۲۶۴۴	۰.۳۳۲	۰.۳۵۶	۰.۳۸۴	۰.۴۲۸
۲۷	۳۲۷۴	۳۵۰۴	۳۷۳۴	۳۹۹۴	۰.۲۹۸	۰.۳۱۹	۰.۳۴۰	۰.۳۶۳
۲۸	۱۵۸۷	۱۷۳۸	۱۸۷۴	۲۰۹۲	۰.۳۲۵	۰.۳۴۸	۰.۳۷۵	۰.۴۱۸
۲۹	۴۳۱	۴۳۹	۴۵۱	۴۶۲	۰.۲۵۲	۰.۲۶۴	۰.۲۸۰	۰.۲۹۶
۳۰	۲۱۳۵	۲۳۸۷	۲۷۵۲	۳۱۹۸	۰.۳۱۸	۰.۳۳۹	۰.۳۶۶	۰.۳۹۳
۳۱	۳۲۶۱	۳۹۵۷	۴۳۵۱	۴۸۵۷	۰.۳۱۶	۰.۳۳۵	۰.۳۵۹	۰.۴۰۱
۳۲	۲۲۸۷	۳۲۲۳	۳۵۹۲	۴۰۱۰	۰.۳۴۶	۰.۳۷۱	۰.۴۰۲	۰.۴۴۹
۳۳	۹۸۵	۱۱۲۱	۱۵۴۴	۱۷۱۰	۰.۳۴۳	۰.۳۶۹	۰.۳۹۹	۰.۴۳۲
۳۴	۲۱۲۱	۲۳۲۳	۲۶۳۵	۳۱۴۰	۰.۲۵۰	۰.۲۷۰	۰.۲۹۵	۰.۳۲۱
۳۵	۶۵۷	۹۳۰	۱۲۴۶	۱۳۹۱	۰.۲۶۱	۰.۲۸۳	۰.۳۰۸	۰.۳۴۳
۳۶	۱۸۱۸	۲۵۳۴	۳۴۰۱	۳۷۹۷	۰.۲۸۴	۰.۳۱۰	۰.۳۴۰	۰.۳۸۰
۳۷	۵۴۴	۷۱۲	۸۲۳	۹۱۹	۰.۲۷۰	۰.۲۹۳	۰.۳۲۰	۰.۳۵۸
۳۸	۱۲۳۸	۱۴۲۳	۱۸۵۹	۲۶۶۸	۰.۲۰۹	۰.۲۲۹	۰.۲۵۱	۰.۲۷۶
۳۹	۲۷۸۳	۳۳۶۴	۳۷۰۶	۴۱۳۸	۰.۳۵۰	۰.۳۸۰	۰.۴۱۶	۰.۴۶۴
۴۰	۱۱۲۴	۱۳۱۴	۱۶۱۳	۱۹۲۴	۰.۳۲۳	۰.۳۴۶	۰.۳۷۴	۰.۴۰۲
۴۱	۴۸۱	۴۶۴	۴۵۱	۴۳۸	۰.۲۲۸	۰.۲۴۷	۰.۲۷۰	۰.۲۹۴

شماره ناحیه	تعداد خودرو				سرانه مالکیت			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۴۲	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۴۳	۸۱۱	۹۴۰	۱۲۰۹	۱۷۱۱	۰.۳۳۶	۰.۳۶۳	۰.۳۹۴	۰.۴۲۸
۴۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۴۵	۳۸۵	۴۰۲	۴۰۰	۴۰۶	۰.۵۰۱	۰.۵۶۷	۰.۶۱۱	۰.۶۷۲
۴۶	۶۱۹	۶۷۶	۷۶۶	۷۱۶	۰.۲۱۵	۰.۲۳۱	۰.۲۵۰	۰.۲۷۱
۴۷	۱۵۳۲	۱۷۲۳	۲۰۰۳	۲۴۳۳	۰.۲۹۱	۰.۳۱۳	۰.۳۳۹	۰.۳۶۶
۴۸	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۴۹	۷۲۰	۸۷۱	۱۱۲۵	۱۳۳۶	۰.۲۸۳	۰.۳۰۱	۰.۳۲۲	۰.۳۴۵
۵۰	۹۵۹	۱۰۹۶	۱۳۰۱	۱۴۳۱	۰.۲۷۸	۰.۲۹۵	۰.۳۱۶	۰.۳۳۷
۵۱	۱۰۰۵	۱۱۵۲	۱۳۸۳	۱۶۹۲	۰.۳۱۱	۰.۳۳۰	۰.۳۵۳	۰.۳۷۸
۵۲	۴۷۲	۵۸۴	۶۹۱	۷۷۱	۰.۳۱۱	۰.۳۳۴	۰.۳۶۲	۰.۴۰۴
۵۳	۱۰۳۹	۱۱۳۵	۱۲۷۵	۱۴۸۲	۰.۲۷۲	۰.۲۹۵	۰.۳۲۲	۰.۳۵۰
۵۴	۹۱۲	۹۹۷	۱۰۸۹	۱۲۱۶	۰.۳۲۳	۰.۳۵۰	۰.۳۸۳	۰.۴۲۷
۵۵	۸۸۶	۹۹۲	۱۰۸۱	۱۲۰۷	۰.۳۰۳	۰.۳۲۷	۰.۳۵۵	۰.۳۹۷
۵۶	۱۳۶۵	۱۵۵۰	۱۸۹۳	۲۱۱۳	۰.۲۷۸	۰.۳۰۲	۰.۳۳۱	۰.۳۶۹
۵۷	۷۰۵	۷۹۹	۷۷۵	۷۵۰	۰.۱۸۸	۰.۱۹۵	۰.۲۰۴	۰.۲۱۳
۵۸	۱۹۷۸	۲۷۸۳	۳۰۸۹	۳۴۴۹	۰.۲۹۱	۰.۳۱۶	۰.۳۴۶	۰.۳۸۶
۵۹	۲۱۴۲	۲۸۰۳	۳۰۷۷	۳۴۳۶	۰.۲۸۸	۰.۳۱۰	۰.۳۳۷	۰.۳۷۶
۶۰	۱۹۰۹	۲۰۰۴	۲۱۱۹	۲۲۳۷	۰.۲۹۵	۰.۳۱۹	۰.۳۴۸	۰.۳۷۹
۶۱	۹۷۸	۱۰۸۴	۱۳۷۲	۲۰۸۹	۰.۲۱۰	۰.۲۱۸	۰.۲۲۸	۰.۲۳۸
۶۲	۴۹۲	۵۱۹	۶۲۸	۹۴۱	۰.۲۲۹	۰.۲۳۸	۰.۲۴۸	۰.۲۵۹
۶۳	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۶۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۶۵	۸۲۷	۱۰۴۰	۱۱۵۳	۱۲۸۷	۰.۲۳۳	۰.۲۵۴	۰.۲۷۹	۰.۳۱۲
۶۶	۱۱۱۶	۱۱۹۴	۱۲۸۶	۱۳۸۵	۰.۳۲۸	۰.۳۵۴	۰.۳۸۵	۰.۴۱۸
۶۷	۱۵۳۵	۱۸۰۳	۲۳۶۸	۲۶۰۲	۰.۳۱۴	۰.۳۳۷	۰.۳۶۵	۰.۳۹۵
۶۸	۱۱۴۴	۱۴۰۵	۱۵۲۱	۱۶۴۵	۰.۲۸۹	۰.۳۱۳	۰.۳۴۰	۰.۳۷۰
۶۹	۱۹۲۲	۲۰۵۵	۲۲۰۵	۲۴۶۱	۰.۳۰۷	۰.۳۲۶	۰.۳۵۰	۰.۳۹۰
۷۰	۲۵۱۹	۲۸۲۱	۳۰۲۵	۳۳۷۷	۰.۳۵۲	۰.۳۷۳	۰.۳۹۹	۰.۴۴۵
۷۱	۱۳۰۵	۱۴۶۵	۱۷۰۴	۲۰۸۳	۰.۴۱۱	۰.۴۴۱	۰.۴۷۶	۰.۵۱۴
۷۲	۱۲۸۷	۱۳۷۸	۱۴۶۸	۱۵۷۰	۰.۳۱۶	۰.۳۳۸	۰.۳۶۰	۰.۳۸۵

شماره ناحیه	تعداد خودرو				سرانه مالکیت			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۷۳	۱۲۱۸	۱۱۴۶	۹۶۹	۷۸۷	۰.۳۶۵	۰.۳۸۵	۰.۴۰۹	۰.۴۳۴
۷۴	۲۱۱	۱۶۴	۱۲۸	۱۰۵	۰.۳۰۰	۰.۳۱۸	۰.۳۳۹	۰.۳۶۱
۷۵	۴۴۷	۵۱۹	۶۳۴	۸۳۲	۰.۳۳۸	۰.۳۶۴	۰.۳۹۴	۰.۴۲۶
۷۶	۴۹۰	۶۱۴	۸۲۰	۹۵۹	۰.۲۵۶	۰.۲۷۷	۰.۳۰۱	۰.۳۲۸
۷۷	۴۵	۳۶	۲۸	۲۴	۰.۳۱۰	۰.۳۳۶	۰.۳۶۲	۰.۳۹۵
۷۸	۲۳۷۹	۲۹۰۱	۳۷۷۰	۴۲۸۱	۰.۳۹۰	۰.۴۱۵	۰.۴۴۶	۰.۴۷۸
۷۹	۱۹۷۷	۲۱۲۳	۲۲۹۷	۲۴۸۱	۰.۳۶۵	۰.۳۹۳	۰.۴۲۷	۰.۴۶۳
۸۰	۱۶۹۶	۱۸۱۱	۱۹۴۸	۲۰۹۳	۰.۳۱۵	۰.۳۳۶	۰.۳۶۱	۰.۳۸۸
۸۱	۱۹۷۲	۲۱۰۲	۲۲۵۴	۲۴۱۲	۰.۳۱۸	۰.۳۳۸	۰.۳۶۲	۰.۳۸۸
۸۲	۲۷۱	۲۸۷	۳۰۷	۳۲۷	۰.۳۸۴	۰.۴۰۹	۰.۴۳۶	۰.۴۶۵
۸۳	۱۱۷	۱۲۴	۱۳۳	۱۴۳	۰.۴۰۴	۰.۴۲۹	۰.۴۵۹	۰.۴۹۴
۸۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۸۵	۹۳۴	۱۰۱۵	۱۱۱۳	۱۲۱۷	۰.۳۰۳	۰.۳۲۹	۰.۳۶۱	۰.۳۹۵
۸۶	۳۵	۳۹	۴۳	۴۷	۰.۱۳۱	۰.۱۴۲	۰.۱۵۸	۰.۱۷۲
۸۷	۲۶۵۹	۲۷۸۹	۲۹۴۹	۳۱۱۶	۰.۴۲۱	۰.۴۴۲	۰.۴۶۷	۰.۴۹۴
۸۸	۱۸۱۰	۱۹۳۴	۲۰۸۲	۲۲۳۹	۰.۳۸۲	۰.۴۰۹	۰.۴۴۰	۰.۴۷۳
۸۹	۲۳۸۹	۲۵۲۹	۲۷۰۳	۲۸۸۳	۰.۳۹۵	۰.۴۱۹	۰.۴۴۸	۰.۴۷۸
۹۰	۱۹۷۶	۲۱۱۲	۲۲۷۷	۲۴۵۲	۰.۳۱۰	۰.۳۳۲	۰.۳۵۷	۰.۳۸۵
۹۱	۲۵۹۷	۲۷۶۹	۲۹۸۰	۳۲۰۳	۰.۳۳۹	۰.۳۶۲	۰.۳۹۰	۰.۴۱۹
۹۲	۱۴۲۶	۱۵۳۰	۱۶۵۸	۱۷۹۴	۰.۳۷۷	۰.۴۰۶	۰.۴۴۰	۰.۴۷۶
۹۳	۲۸۹۰	۳۳۲۷	۳۵۳۰	۳۷۱۳	۰.۳۷۵	۰.۳۹۲	۰.۴۱۳	۰.۴۳۴
۹۴	۳۱۶۸	۳۶۱۷	۳۸۰۸	۴۱۸۶	۰.۳۷۸	۰.۳۹۳	۰.۴۱۰	۰.۴۵۱
۹۵	۲۳	۱۳۷	۳۸۳	۶۱۰	۰.۲۹۶	۰.۳۰۷	۰.۳۲۲	۰.۳۳۶
۹۶	۱۶۷۵	۱۹۷۵	۲۱۵۷	۲۳۳۹	۰.۳۹۲	۰.۴۲۳	۰.۴۵۹	۰.۴۹۷
۹۷	۴۸	۲۹۸	۵۹۷	۷۳۸	۰.۳۳۹	۰.۳۶۵	۰.۳۹۶	۰.۴۲۹
۹۸	۹۳۷	۱۰۰۵	۱۰۶۳	۱۱۲۰	۰.۱۹۳	۰.۲۰۰	۰.۲۱۱	۰.۲۲۲
۹۹	۱۶۵۶	۱۷۷۲	۱۸۸۸	۲۰۲۰	۰.۳۶۹	۰.۳۹۴	۰.۴۲۰	۰.۴۵۰
۱۰۰	۱۵۰	۹۴۳	۲۷۳۶	۴۶۱۶	۰.۳۴۶	۰.۳۷۴	۰.۴۰۶	۰.۴۴۰
۱۰۱	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۱۰۲	۸۴۱	۸۸۹	۹۴۷	۱۰۰۷	۰.۲۶۸	۰.۲۸۴	۰.۳۰۳	۰.۳۲۲
۱۰۳	۳۵۶۱	۴۱۴۴	۴۶۶۲	۵۲۱۸	۰.۲۹۱	۰.۳۲۴	۰.۳۶۳	۰.۴۰۶

شماره ناحیه	تعداد خودرو				سرانه مالکیت			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۰۴	۲۰	۱۳۶	۴۰۸	۵۵۴	۰.۳۴۵	۰.۳۹۵	۰.۴۴۳	۰.۴۹۷
۱۰۵	۶۳۰	۱۹۴۱	۲۴۰۳	۲۶۲۷	۰.۳۸۴	۰.۳۹۹	۰.۴۱۷	۰.۴۳۵
۱۰۶	۳۲۱۲	۳۸۸۶	۵۰۶۷	۵۷۵۴	۰.۲۵۱	۰.۲۶۷	۰.۲۸۷	۰.۳۰۸
۱۰۷	۵۵۴۴	۱۰۸۸۸	۱۳۴۵۶	۲۰۳۵۲	۰.۵۳۴	۰.۵۶۷	۰.۶۱۱	۰.۶۷۲
۱۰۸	۱۲۸۷	۳۳۵۰	۴۱۴۰	۴۷۰۷	۰.۵۳۴	۰.۵۶۷	۰.۶۱۱	۰.۶۷۲
۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۱۱۰	۲۶۰۳	۳۰۲۰	۳۳۵۴	۳۶۱۸	۰.۴۲۰	۰.۴۴۶	۰.۴۷۸	۰.۵۱۲
۱۱۱	۲۲۰	۲۳۶	۲۵۱	۲۶۶	۰.۳۴۷	۰.۳۶۵	۰.۳۸۷	۰.۴۱۰
۱۱۲	۱۷۰	۹۸۰	۵۲۶۸	۷۰۶۳	۰.۴۵۲	۰.۴۸۶	۰.۵۱۵	۰.۵۴۴
۱۱۳	۹۷۷	۷۶۰	۵۹۵	۴۸۶	۰.۳۷۵	۰.۳۹۸	۰.۴۲۵	۰.۴۵۴
۱۱۴	۲۱۷۰	۲۳۲۲	۲۴۷۵	۲۶۴۷	۰.۳۰۵	۰.۳۲۶	۰.۳۴۸	۰.۳۷۲
۱۱۵	۱۳۵۶	۱۴۵۲	۱۵۴۷	۱۶۵۵	۰.۲۹۰	۰.۳۱۰	۰.۳۳۱	۰.۳۵۴
۱۱۶	۷۶۷	۸۶۹	۹۴۲	۹۹۱	۰.۴۲۹	۰.۴۴۵	۰.۴۶۵	۰.۴۸۵
۱۱۷	۱۵۹۸	۱۳۰۲	۱۰۳۱	۸۲۴	۰.۲۶۰	۰.۲۶۹	۰.۲۸۱	۰.۲۹۴
۱۱۸	۱۷۱۴	۱۳۴۸	۱۰۷۱	۸۵۶	۰.۲۹۳	۰.۳۰۴	۰.۳۱۸	۰.۳۳۲
۱۱۹	۱۰۱۳	۱۰۴۴	۱۰۸۶	۱۱۲۸	۰.۲۱۴	۰.۲۲۲	۰.۲۳۲	۰.۲۴۲
۱۲۰	۱۶۸۲	۱۳۵۴	۱۰۹۸	۸۹۷	۰.۲۹۹	۰.۳۱۷	۰.۳۳۹	۰.۳۶۲
۱۲۱	۱۸۸۸	۲۰۶۳	۲۲۳۵	۲۳۹۴	۰.۲۹۴	۰.۳۱۲	۰.۳۳۴	۰.۳۵۷
۱۲۲	۲۱۰۸	۲۰۱۳	۱۷۰۱	۱۴۳۵	۰.۳۳۹	۰.۳۶۶	۰.۳۹۷	۰.۴۳۱
۱۲۳	۹۳۰	۸۹۸	۸۲۵	۷۵۷	۰.۳۴۶	۰.۳۶۶	۰.۳۹۰	۰.۴۱۵
۱۲۴	۲۰۰۶	۱۶۷۸	۱۳۶۶	۱۱۲۰	۰.۳۲۹	۰.۳۵۱	۰.۳۷۶	۰.۴۰۳
۱۲۵	۱۱۱۶	۱۱۶۷	۱۲۲۴	۱۲۷۸	۰.۲۴۵	۰.۲۵۴	۰.۲۶۵	۰.۲۷۷
۱۲۶	۱۳۰۵	۱۰۲۱	۸۰۴	۶۵۸	۰.۴۲۲	۰.۴۴۹	۰.۴۸۲	۰.۵۱۶
۱۲۷	۸۵۴	۹۵۳	۱۰۳۷	۱۱۰۸	۰.۱۹۹	۰.۲۱۰	۰.۲۲۳	۰.۲۳۸
۱۲۸	۴۸۳	۴۶۹	۳۸۹	۳۱۱	۰.۱۵۵	۰.۱۶۱	۰.۱۶۸	۰.۱۷۶
۱۲۹	۵۰۲	۳۹۲	۳۱۰	۲۵۴	۰.۲۳۲	۰.۲۴۷	۰.۲۶۶	۰.۲۸۵
۱۳۰	۱۲۷۲	۱۸۴۸	۲۱۴۶	۲۳۲۷	۰.۲۵۴	۰.۲۶۴	۰.۲۸۵	۰.۳۰۹
۱۳۱	۲۱۵۸	۳۰۴۳	۴۸۴۲	۵۷۴۶	۰.۲۹۵	۰.۳۲۳	۰.۳۵۷	۰.۳۹۴
۱۳۲	۱۷۳	۱۸۸	۲۰۴	۲۰۶	۰.۱۲۷	۰.۱۴۰	۰.۱۵۴	۰.۱۵۸
۱۳۳	۱۲۷۸	۱۲۰۶	۱۰۰۰	۸۳۶	۰.۱۹۲	۰.۲۰۸	۰.۲۲۸	۰.۲۴۹
۱۳۴	۷۶۴	۹۰۶	۱۱۴۳	۱۶۰۱	۰.۲۱۷	۰.۲۳۳	۰.۲۵۲	۰.۲۷۲

شماره ناحیه	تعداد خودرو				سرانه مالکیت			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۳۵	۱۲۴۵	۱۲۶۸	۱۱۵۹	۱۰۵۸	۰.۲۴۷	۰.۲۷۰	۰.۲۹۸	۰.۳۲۹
۱۳۶	۱۲۱۱	۱۲۷۲	۱۳۴۷	۱۴۲۲	۰.۲۲۳	۰.۲۴۲	۰.۲۶۴	۰.۲۸۸
۱۳۷	۷۴۸	۷۹۲	۶۸۸	۵۷۴	۰.۲۴۸	۰.۲۶۹	۰.۲۹۳	۰.۳۲۰
۱۳۸	۴۷۱	۵۹۸	۸۹۵	۹۷۹	۰.۱۷۹	۰.۱۹۴	۰.۲۱۱	۰.۲۲۹
۱۳۹	۵۷۴	۱۰۳۲	۱۱۳۰	۱۲۰۹	۰.۲۲۸	۰.۲۵۲	۰.۲۷۶	۰.۲۹۵
۱۴۰	۴۲۶	۵۸۹	۹۳۵	۱۵۳۷	۰.۱۹۹	۰.۲۱۴	۰.۲۳۲	۰.۲۵۱
۱۴۱	۸۲۶	۸۷۳	۹۲۹	۹۸۶	۰.۱۸۵	۰.۲۰۰	۰.۲۱۸	۰.۲۳۷
۱۴۲	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۱۴۳	۹۶۸	۱۱۹۹	۱۳۴۰	۱۶۸۶	۰.۲۶۰	۰.۲۸۱	۰.۳۰۶	۰.۳۳۴
۱۴۴	۶۰۳	۶۴۰	۶۸۴	۵۷۴	۰.۲۳۰	۰.۲۵۱	۰.۲۷۵	۰.۳۰۲
۱۴۵	۳۸۱	۶۰۷	۱۰۳۶	۱۳۲۰	۰.۲۳۶	۰.۲۵۵	۰.۲۷۸	۰.۳۰۲
۱۴۶	۲۴۵۸	۲۷۸۱	۳۰۴۶	۳۲۵۸	۰.۳۲۲	۰.۳۵۲	۰.۳۸۵	۰.۴۱۲
۱۴۷	۲۰۱۶	۱۹۷۲	۱۹۴۴	۱۶۳۰	۰.۳۳۹	۰.۳۶۹	۰.۴۰۵	۰.۴۴۴
۱۴۸	۹۷۰	۱۲۳۸	۱۴۶۳	۱۹۶۹	۰.۲۴۷	۰.۲۷۱	۰.۳۰۰	۰.۳۳۲
۱۴۹	۶۸۴	۱۱۳۵	۱۹۶۴	۳۲۷۸	۰.۲۸۸	۰.۳۱۴	۰.۳۴۶	۰.۳۸۰
۱۵۰	۲۳۳۲	۲۴۹۶	۲۶۶۰	۲۸۴۵	۰.۲۴۱	۰.۲۵۸	۰.۲۷۵	۰.۲۹۴
۱۵۱	۱۷۲۱	۱۹۹۰	۲۳۹۷	۳۱۱۵	۰.۲۲۶	۰.۲۴۵	۰.۲۶۸	۰.۲۹۳
۱۵۲	۲۱۶۳	۲۳۱۵	۲۴۶۷	۲۶۳۹	۰.۳۱۶	۰.۳۳۸	۰.۳۶۰	۰.۳۸۵
۱۵۳	۵	۲۲	۳۶	۱۲۹	۰.۲۴۷	۰.۲۶۴	۰.۲۸۳	۰.۳۰۲
۱۵۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۱۵۵	۶۲۸	۸۳۹	۹۱۹	۹۸۳	۰.۱۴۹	۰.۱۶۴	۰.۱۷۹	۰.۱۹۲

۵-۱-۳- پیش‌بینی بعد خانوار

بعد خانوار به تعداد افراد یک خانوار اشاره دارد. متغیر بعد خانوار و تعداد خانوارهای ساکن نواحی و کلان نواحی ترافیکی در برخی مدل‌های براورد تقاضای سفر مورد استفاده قرار می‌گیرند. دو روش برای پیش‌بینی بعد خانوار پیشنهاد شده است که شامل روش رشد مستقیم و روش وابسته به هرم سنی می‌شود. در این بخش از گزارش نتایج برآورد بعد خانوار شهر اردبیل در سال پایه و سال‌های افق مطالعه ارائه شده است.

در روش رشد مستقیم، با استفاده از اطلاعات بعد خانوار نواحی ترافیکی در سه دوره سرشماری گذشته، نرخ رشد بعد خانوار محاسبه شده و با استفاده از آن بعد خانوار در نواحی ترافیکی در سال‌های افق مطالعات محاسبه می‌شود. از

طرف دیگر در روش وابسته به هرم سنی، با استفاده از آمار ازدواج دریافت شده از سازمان ثبت احوال و سالنامه آماری، بعد خانوار برآورد می‌شود.

میانگین سن ازدواج در سال پایه و سال‌های ۱۴۰۷، ۱۴۱۲ و ۱۴۱۷ برای زنان و مردان شهر اردبیل برآورد شده و با استفاده از آن جمعیت بالاتر از سن ازدواج در هر یک از سال‌های مذکور به تفکیک جنسیت محاسبه شده و نتایج در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۷ : بررسی میانگین سن ازدواج و جمعیت بالای سن ازدواج در سال‌های افق

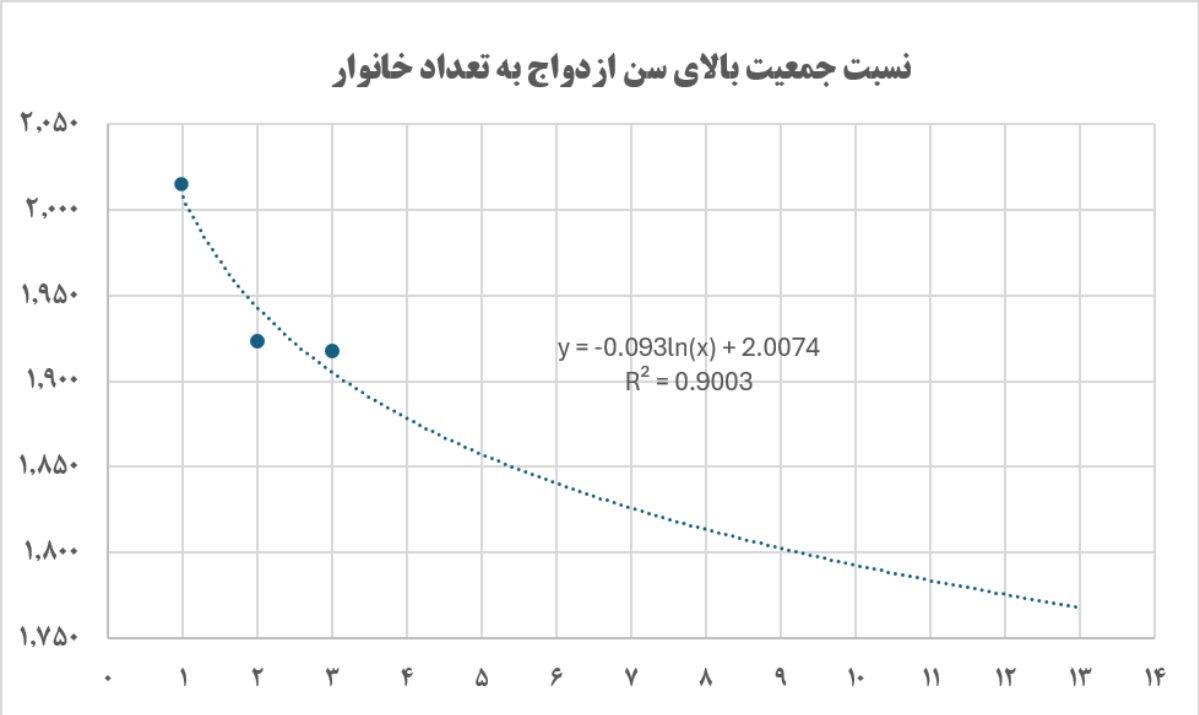
سال	میانگین سن ازدواج		جمعیت بالای سن ازدواج		
	مرد	زن	مرد	زن	کل
۱۳۸۵	۲۷	۲۴	۹۹۱۶۰	۱۰۷۹۸۴	۲۰۷۱۴۴
۱۳۹۰	۲۸	۲۵	۱۲۳۷۲۳	۱۳۵۳۳۵	۲۵۹۰۵۸
۱۳۹۵	۲۹	۲۵	۱۴۴۲۴۵	۱۵۹۸۹۰	۳۰۴۱۳۵
۱۴۰۲	۳۱	۲۶	۱۶۲۸۰۵	۱۸۲۸۴۵	۳۴۵۶۵۰
۱۴۰۷	۳۱	۲۶	۱۷۶۱۳۰	۲۰۵۱۵۱	۳۸۱۲۸۱
۱۴۱۲	۳۲	۲۶	۱۹۰۹۸۰	۲۱۶۸۰۸	۴۰۷۷۸۸
۱۴۱۷	۳۳	۲۶	۱۹۹۴۲۵	۲۳۱۵۲۴	۴۳۰۹۴۹

با استفاده از آمار سرشماری نفوس و مسکن، تعداد خانوار و جمعیت در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ و در نتیجه آن بعد خانوار و نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار در سال پایه و سال‌های افق در جدول زیر حساب شده است. روند تغییرات بعد خانوار و نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار در شهر اردبیل براساس این اطلاعات در ۰ برای سال‌های افق نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۸ : بررسی نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵

سال	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
جمعیت کل	۴۲۱۱۰۱	۴۸۷۴۱۹	۵۲۴۴۰۷
تعداد خانوار	۱۰۲۸۱۸	۱۳۴۷۱۸	۱۵۸۶۲۷
بعد خانوار	۴.۱۰	۳.۶۲	۳.۳۱
جمعیت بالای سن ازدواج	۲۰۷۱۴۴	۲۵۹۰۵۸	۳۰۴۱۳۵
نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار	۲.۰۱	۱.۹۲	۱.۹۲

شکل ۳-۲۷ : برآورد نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار در افق



براین‌اساس با برآورد نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار در سال‌های افق و با استفاده از اطلاعات گروه سنی از برآورد جمعیت و داشتن جمعیت بالای سن ازدواج تعداد خانوار برای افق قابل پیش‌بینی است. نتایج مربوط به برآورد تعداد و بعد خانوار شهر اردبیل در سال‌های افق در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول ۳-۱۹ : برآورد تعداد و بعد خانوار در سال‌های افق براساس نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار

سال	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
نسبت جمعیت بالای سن ازدواج به تعداد خانوار	۱.۸۷	۱.۸۵	۱.۸۳	۱.۸۲
جمعیت کل	۶۰۷۲۳۴	۶۵۶۶۳۲	۶۹۹۵۳۸	۷۳۵۰۵۸
جمعیت بالای سن ازدواج	۳۴۵۶۵۰	۳۸۱۲۸۱	۴۰۷۷۸۸	۴۳۰۹۴۹
تعداد خانوار	۱۸۴۸۷۸	۲۰۶۰۳۵	۲۲۲۲۵۶	۲۳۶۶۲۱
بعد خانوار	۳.۲۸	۳.۱۹	۳.۱۵	۳.۱۱

در ادامه برآورد بعد و تعداد خانوار در نواحی ترافیکی شهر اردبیل آورده شده است.

جدول ۳-۲۰ : برآورد بعد و تعداد خانوار در نواحی ترافیکی در سال‌های افق

شماره ناحیه	تعداد خانوار				بعد خانوار			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۲	۶۳۴	۵۹۸	۵۶۳	۵۲۳	۳.۲۴	۳.۲۵	۳.۲۷	۳.۳۳
۳	۱۶۱۸	۱۷۶۰	۲۱۵۷	۲۵۹۳	۳.۰۱	۲.۹۴	۲.۹۲	۲.۹۱
۴	۱۶۲۶	۱۸۰۳	۲۲۹۹	۲۹۸۳	۳.۰۴	۲.۹۸	۲.۹۸	۲.۹۸
۵	۷۹۷	۸۴۹	۹۴۱	۱۱۰۷	۲.۹۸	۲.۹۰	۲.۸۷	۲.۸۶
۶	۱۲۱۲	۱۳۹۱	۱۳۶۱	۱۳۲۴	۲.۹۹	۲.۹۲	۲.۹۰	۲.۸۹
۷	۴۳۰	۳۶۷	۳۰۹	۲۵۸	۲.۸۵	۲.۸۰	۲.۷۹	۲.۷۹
۸	۶۲۳	۷۰۱	۸۳۹	۸۵۱	۳.۳۸	۳.۳۹	۳.۴۴	۳.۵۱
۹	۱۰۴	۷۸	۵۹	۴۵	۲.۸۰	۲.۷۲	۲.۶۶	۲.۶۴
۱۰	۱۰۰۶	۱۰۴۹	۱۳۳۴	۱۷۲۶	۲.۹۷	۲.۹۰	۲.۸۷	۲.۸۶
۱۱	۱۱۶۹	۱۲۹۳	۱۵۱۷	۱۸۰۲	۲.۹۴	۲.۸۹	۲.۹۰	۲.۹۱
۱۲	۳۰۶۷	۳۰۰۸	۲۹۵۱	۲۸۸۰	۳.۰۲	۲.۹۴	۲.۹۰	۲.۸۸
۱۳	۲۲۰۹	۲۴۷۴	۲۸۴۶	۳۲۹۸	۳.۰۸	۲.۹۹	۲.۹۴	۲.۹۲
۱۴	۸۹۷	۹۴۱	۱۰۱۸	۱۱۱۰	۲.۹۷	۲.۸۷	۲.۸۱	۲.۷۷
۱۵	۱۱۹۴	۹۸۳	۷۹۵	۶۱۶	۳.۱۴	۳.۰۳	۲.۹۸	۲.۹۵
۱۶	۱۰۳۵	۱۱۶۹	۱۳۲۳	۱۳۸۱	۳.۲۶	۳.۱۴	۳.۰۸	۲.۹۵
۱۷	۱۱۹۶	۱۲۰۳	۱۱۸۸	۱۱۶۸	۳.۱۵	۳.۰۵	۳.۰۲	۲.۹۹
۱۸	۶۶۴	۷۳۲	۸۵۱	۱۰۰۱	۳.۰۸	۲.۹۸	۲.۹۴	۲.۹۱
۱۹	۱۵۰۹	۱۸۲۲	۱۸۵۳	۱۹۳۴	۳.۱۱	۳.۰۲	۲.۹۸	۲.۸۶
۲۰	۸۷۲	۱۱۳۵	۱۱۶۰	۱۲۱۱	۳.۲۰	۳.۰۹	۳.۰۴	۲.۹۲
۲۱	۳۲۲	۳۹۸	۴۳۷	۴۵۶	۳.۱۱	۳.۰۱	۲.۹۶	۲.۸۳
۲۲	۱۷۲۹	۱۷۷۹	۱۷۷۹	۱۷۷۹	۳.۲۴	۳.۱۵	۳.۱۵	۳.۱۵
۲۳	۹۰۲	۹۶۲	۱۰۳۴	۹۲۶	۳.۱۲	۳.۰۲	۲.۹۷	۲.۹۴
۲۴	۱۲۱۷	۱۳۳۵	۱۲۰۶	۱۰۸۴	۳.۱۵	۳.۰۹	۳.۰۷	۳.۰۷
۲۵	۷۶۷	۸۹۳	۱۰۶۷	۱۱۱۴	۳.۰۶	۲.۹۳	۲.۸۵	۲.۷۳
۲۶	۱۵۳۹	۲۰۰۶	۲۱۲۹	۲۲۲۲	۳.۰۲	۲.۹۳	۲.۹۰	۲.۷۸
۲۷	۳۵۴۲	۳۶۴۴	۳۶۴۴	۳۶۴۴	۳.۱۰	۳.۰۲	۳.۰۲	۳.۰۲
۲۸	۱۵۹۵	۱۶۸۰	۱۷۰۰	۱۷۷۴	۳.۰۶	۲.۹۷	۲.۹۴	۲.۸۲

شماره ناحیه	تعداد خانوار				بعد خانوار			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۲۹	۵۶۴	۵۵۲	۵۳۲	۵۱۰	۳.۰۴	۳.۰۱	۳.۰۲	۳.۰۶
۳۰	۲۲۷۵	۲۴۴۶	۲۶۴۷	۲۸۷۵	۲.۹۵	۲.۸۷	۲.۸۴	۲.۸۳
۳۱	۳۲۷۷	۳۸۲۲	۳۹۴۳	۴۱۱۶	۳.۱۵	۳.۰۹	۳.۰۷	۲.۹۵
۳۲	۲۱۲۶	۲۸۸۰	۳۰۱۲	۳۱۴۴	۳.۱۱	۳.۰۱	۲.۹۷	۲.۸۴
۳۳	۸۹۲	۹۷۶	۱۲۶۱	۱۳۰۶	۳.۲۲	۳.۱۲	۳.۰۷	۳.۰۳
۳۴	۲۶۵۷	۲۷۹۸	۲۹۷۸	۳۳۱۸	۳.۲۰	۳.۰۷	۳.۰۰	۲.۹۵
۳۵	۷۷۰	۱۰۴۷	۱۳۱۶	۱۳۷۴	۳.۲۷	۳.۱۴	۳.۰۸	۲.۹۵
۳۶	۲۰۰۱	۲۶۸۲	۳۳۷۸	۳۵۲۶	۳.۲۰	۳.۰۵	۲.۹۶	۲.۸۳
۳۷	۶۱۶	۷۷۶	۸۴۱	۸۷۸	۳.۲۶	۳.۱۳	۳.۰۵	۲.۹۳
۳۸	۱۸۴۵	۲۰۳۹	۲۴۹۹	۳۳۵۴	۳.۲۰	۳.۰۵	۲.۹۶	۲.۸۸
۳۹	۲۴۹۳	۲۸۹۷	۲۹۹۵	۳۱۲۶	۳.۱۹	۳.۰۶	۲.۹۸	۲.۸۵
۴۰	۱۰۳۴	۱۱۶۲	۱۳۳۸	۱۴۹۲	۳.۳۶	۳.۲۷	۳.۲۳	۳.۲۱
۴۱	۶۱۱	۵۶۷	۵۱۷	۴۶۹	۳.۴۵	۳.۳۱	۳.۲۴	۳.۱۸
۴۲	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۴۳	۷۴۵	۸۳۰	۱۰۰۲	۱۳۲۶	۳.۲۴	۳.۱۲	۳.۰۶	۳.۰۲
۴۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۴۵	۲۷۵	۲۶۸	۲۵۷	۲۴۵	۲.۷۹	۲.۶۴	۲.۵۵	۲.۴۷
۴۶	۸۷۰	۹۱۲	۹۷۰	۸۴۷	۳.۳۱	۳.۲۰	۳.۱۵	۳.۱۲
۴۷	۱۶۳۳	۱۷۶۶	۱۹۲۵	۲۱۸۷	۳.۲۲	۳.۱۲	۳.۰۷	۳.۰۴
۴۸	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۴۹	۷۰۹	۸۲۶	۱۰۰۱	۱۱۱۱	۳.۵۸	۳.۵۱	۳.۴۹	۳.۴۹
۵۰	۹۷۷	۱۰۷۴	۱۱۹۷	۱۲۳۰	۳.۵۳	۳.۴۶	۳.۴۵	۳.۴۵
۵۱	۹۳۱	۱۰۲۶	۱۱۵۶	۱۳۲۲	۳.۴۸	۳.۴۰	۳.۳۹	۳.۳۹
۵۲	۴۴۲	۵۲۶	۵۸۴	۶۱۰	۳.۴۳	۳.۳۲	۳.۲۷	۳.۱۳
۵۳	۱۲۱۵	۱۲۷۷	۱۳۴۶	۱۴۶۳	۳.۱۴	۳.۰۱	۲.۹۴	۲.۸۹
۵۴	۸۹۲	۹۳۷	۹۶۱	۱۰۰۳	۳.۱۶	۳.۰۴	۲.۹۶	۲.۸۴
۵۵	۸۷۰	۹۳۶	۹۵۷	۹۹۹	۳.۳۶	۳.۲۴	۳.۱۸	۳.۰۵
۵۶	۱۵۵۱	۱۶۹۴	۱۹۴۱	۲۰۲۶	۳.۱۶	۳.۰۳	۲.۹۵	۲.۸۲
۵۷	۱۱۴۱	۱۲۴۲	۱۱۳۰	۱۰۲۳	۳.۲۹	۳.۳۰	۳.۳۷	۳.۴۵
۵۸	۲۱۱۵	۲۸۶۲	۲۹۸۱	۳۱۱۱	۳.۲۱	۳.۰۸	۳.۰۰	۲.۸۷
۵۹	۲۲۳۶	۲۸۱۲	۲۸۹۷	۳۰۲۴	۳.۳۳	۳.۲۱	۳.۱۵	۳.۰۲

شماره ناحیه	تعداد خانوار				بعد خانوار			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۶۰	۱۹۸۷	۲۰۰۵	۱۹۸۹	۱۹۶۳	۳.۲۶	۳.۱۳	۳.۰۶	۳.۰۱
۶۱	۱۳۷۱	۱۴۶۱	۱۷۳۵	۲۴۷۰	۳.۳۹	۳.۴۰	۳.۴۶	۳.۵۵
۶۲	۶۴۶	۶۵۵	۷۴۴	۱۰۴۲	۳.۳۲	۳.۳۳	۳.۴۰	۳.۴۸
۶۳	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۶۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۶۵	۱۰۸۴	۱۳۱۱	۱۳۶۳	۱۴۲۳	۳.۲۷	۳.۱۲	۳.۰۳	۲.۹۰
۶۶	۱۰۴۱	۱۰۷۱	۱۰۸۲	۱۰۸۹	۳.۲۷	۳.۱۵	۳.۰۹	۳.۰۴
۶۷	۱۴۷۶	۱۶۶۷	۲۰۵۵	۲۱۱۰	۳.۳۲	۳.۲۱	۳.۱۶	۳.۱۲
۶۸	۱۲۱۴	۱۴۳۳	۱۴۵۶	۱۴۷۱	۳.۲۶	۳.۱۴	۳.۰۷	۳.۰۲
۶۹	۱۸۷۶	۱۹۲۹	۱۹۴۱	۲۰۲۶	۳.۳۴	۳.۲۷	۳.۲۵	۳.۱۱
۷۰	۲۰۲۸	۲۱۸۳	۲۱۹۶	۲۲۹۲	۳.۵۳	۳.۴۶	۳.۴۵	۳.۳۱
۷۱	۹۹۴	۱۰۷۳	۱۱۷۱	۱۳۳۸	۳.۱۹	۳.۱۰	۳.۰۵	۳.۰۳
۷۲	۱۰۴۸	۱۰۷۸	۱۰۷۸	۱۰۷۸	۳.۸۹	۳.۷۸	۳.۷۸	۳.۷۸
۷۳	۱۰۰۹	۹۱۳	۷۲۴	۵۵۰	۳.۳۱	۳.۲۶	۳.۲۷	۳.۳۰
۷۴	۲۳۰	۱۷۲	۱۲۶	۹۶	۳.۰۶	۲.۹۹	۳.۰۰	۳.۰۱
۷۵	۴۱۴	۴۶۲	۵۲۹	۶۵۰	۳.۱۹	۳.۰۹	۳.۰۴	۳.۰۰
۷۶	۶۱۵	۷۴۰	۹۲۹	۱۰۱۵	۳.۱۲	۳.۰۰	۲.۹۳	۲.۸۸
۷۷	۴۲	۳۲	۲۴	۱۹	۳.۴۵	۳.۳۱	۳.۲۷	۳.۲۱
۷۸	۱۸۵۷	۲۱۷۶	۲۶۵۳	۲۸۱۷	۳.۲۸	۳.۲۱	۳.۱۹	۳.۱۸
۷۹	۱۷۹۵	۱۸۵۳	۱۸۸۱	۱۸۹۹	۳.۰۲	۲.۹۱	۲.۸۶	۲.۸۲
۸۰	۱۷۱۵	۱۷۶۱	۱۷۷۷	۱۷۸۵	۳.۱۴	۳.۰۶	۳.۰۳	۳.۰۲
۸۱	۱۹۶۹	۲۰۱۷	۲۰۳۰	۲۰۳۲	۳.۱۵	۳.۰۸	۳.۰۶	۳.۰۶
۸۲	۲۲۲	۲۲۶	۲۲۶	۲۲۵	۳.۱۸	۳.۱۲	۳.۱۱	۳.۱۲
۸۳	۸۸	۹۰	۹۰	۹۱	۳.۲۹	۳.۲۲	۳.۲۱	۳.۱۹
۸۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۸۵	۱۰۰۳	۱۰۴۷	۱۰۷۸	۱۱۰۲	۳.۰۸	۲.۹۴	۲.۸۶	۲.۸۰
۸۶	۶۱	۶۴	۶۷	۶۸	۴.۴۳	۴.۲۳	۴.۰۷	۴.۰۰
۸۷	۱۸۹۷	۱۹۱۳	۱۸۹۸	۱۸۷۵	۳.۳۳	۳.۳۰	۳.۳۳	۳.۳۷
۸۸	۱۵۴۲	۱۵۸۴	۱۶۰۰	۱۶۰۹	۳.۰۷	۲.۹۹	۲.۹۶	۲.۹۴
۸۹	۱۸۳۵	۱۸۶۸	۱۸۷۳	۱۸۶۸	۳.۲۹	۳.۲۳	۳.۲۲	۳.۲۳
۹۰	۱۸۲۸	۱۸۷۸	۱۹۰۰	۱۹۱۳	۳.۴۹	۳.۳۹	۳.۳۵	۳.۳۳

شماره ناحیه	تعداد خانوار				بعد خانوار			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۹۱	۲۲۹۴	۲۳۵۱	۲۳۷۴	۲۳۸۶	۳.۳۴	۳.۲۵	۳.۲۲	۳.۲۰
۹۲	۱۱۵۷	۱۱۹۴	۱۲۱۴	۱۲۲۸	۳.۲۶	۳.۱۶	۳.۱۰	۳.۰۷
۹۳	۲۲۷۱	۲۵۱۳	۲۵۰۱	۲۴۶۰	۳.۴۰	۳.۳۸	۳.۴۲	۳.۴۸
۹۴	۲۴۳۶	۲۶۷۳	۲۶۴۱	۲۷۱۴	۳.۴۴	۳.۴۵	۳.۵۱	۳.۴۲
۹۵	۲۵	۱۴۳	۳۷۷	۵۶۱	۳.۱۰	۳.۱۱	۳.۱۶	۳.۲۴
۹۶	۱۲۴۰	۱۴۰۵	۱۴۴۰	۱۴۵۹	۳.۴۵	۳.۳۲	۳.۲۷	۳.۲۲
۹۷	۴۱	۲۴۵	۴۶۱	۵۳۳	۳.۴۴	۳.۳۳	۳.۲۷	۳.۲۳
۹۸	۱۱۳۵	۱۱۷۰	۱۱۶۱	۱۱۴۴	۴.۲۹	۴.۳۰	۴.۳۴	۴.۴۱
۹۹	۱۳۲۰	۱۳۵۸	۱۳۵۸	۱۳۵۸	۳.۴۰	۳.۳۱	۳.۳۱	۳.۳۱
۱۰۰	۱۲۵	۷۵۸	۲۰۶۳	۳۲۵۴	۳.۴۶	۳.۳۲	۳.۲۷	۳.۲۲
۱۰۱	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۱۰۲	۸۴۱	۸۵۵	۸۵۴	۸۴۹	۳.۷۳	۳.۶۶	۳.۶۶	۳.۶۸
۱۰۳	۳۹۳۱	۴۳۹۸	۴۶۴۳	۴۸۵۹	۳.۱۱	۲.۹۱	۲.۷۷	۲.۶۴
۱۰۴	۱۸	۱۱۸	۳۳۳	۴۲۲	۳.۲۱	۲.۹۲	۲.۷۷	۲.۶۴
۱۰۵	۵۴۰	۱۵۹۹	۱۸۵۷	۱۸۹۸	۳.۰۴	۳.۰۵	۳.۱۰	۳.۱۸
۱۰۶	۳۷۹۸	۴۴۱۷	۵۴۰۴	۵۷۳۷	۳.۳۷	۳.۲۹	۳.۲۷	۳.۲۶
۱۰۷	۳۰۷۲	۶۰۰۳	۶۹۴۳	۹۵۱۹	۳.۳۸	۳.۲۰	۳.۱۸	۳.۱۸
۱۰۸	۷۳۵	۱۸۳۶	۲۱۰۹	۲۱۷۲	۳.۲۸	۳.۲۲	۳.۲۱	۳.۲۲
۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۱۱۰	۱۸۹۰	۲۱۰۸	۲۱۹۶	۲۲۱۵	۳.۲۸	۳.۲۱	۳.۱۹	۳.۱۹
۱۱۱	۱۷۸	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۲	۳.۵۶	۳.۵۲	۳.۵۴	۳.۵۸
۱۱۲	۱۱۱	۶۱۲	۳۰۸۹	۳۸۷۱	۳.۴۰	۳.۲۹	۳.۳۱	۳.۳۵
۱۱۳	۷۸۸	۵۸۹	۴۳۳	۳۳۱	۳.۳۰	۳.۲۴	۳.۲۳	۳.۲۴
۱۱۴	۲۰۹۵	۲۱۵۵	۲۱۵۵	۲۱۵۵	۳.۴۰	۳.۳۰	۳.۳۰	۳.۳۰
۱۱۵	۱۳۶۵	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۳.۴۳	۳.۳۳	۳.۳۳	۳.۳۳
۱۱۶	۵۴۴	۵۹۲	۶۰۳	۵۹۲	۳.۲۹	۳.۳۰	۳.۳۶	۳.۴۵
۱۱۷	۱۸۴۱	۱۴۴۲	۱۰۷۲	۸۰۱	۳.۳۴	۳.۳۵	۳.۴۲	۳.۵۰
۱۱۸	۱۷۳۵	۱۳۱۱	۹۷۸	۷۳۱	۳.۳۷	۳.۳۸	۳.۴۴	۳.۵۳
۱۱۹	۱۳۷۹	۱۳۶۶	۱۳۳۳	۱۲۹۴	۳.۴۳	۳.۴۴	۳.۵۱	۳.۵۹
۱۲۰	۱۶۷۶	۱۲۹۷	۹۸۶	۷۵۴	۳.۳۶	۳.۲۹	۳.۲۸	۳.۲۹
۱۲۱	۱۸۵۵	۱۹۴۹	۱۹۸۱	۱۹۸۳	۳.۴۶	۳.۳۹	۳.۳۸	۳.۳۸

شماره ناحیه	تعداد خانوار				بعد خانوار			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۲۲	۱۸۶۲	۱۷۰۹	۱۳۵۵	۱۰۶۹	۳.۳۴	۳.۲۲	۳.۱۶	۳.۱۱
۱۲۳	۸۰۳	۷۴۵	۶۴۲	۵۵۱	۳.۳۵	۳.۳۰	۳.۲۹	۳.۳۱
۱۲۴	۱۷۳۵	۱۳۹۵	۱۰۶۵	۸۱۷	۳.۵۱	۳.۴۳	۳.۴۱	۳.۴۰
۱۲۵	۱۲۵۶	۱۲۶۳	۱۲۴۲	۱۲۱۳	۳.۶۳	۳.۶۴	۳.۷۱	۳.۸۱
۱۲۶	۹۰۵	۶۸۰	۵۰۳	۳۸۵	۳.۴۲	۳.۳۴	۳.۳۲	۳.۳۲
۱۲۷	۱۲۰۲	۱۲۸۹	۱۳۱۶	۱۳۱۵	۳.۵۸	۳.۵۲	۳.۵۳	۳.۵۵
۱۲۸	۸۱۳	۷۵۹	۵۹۱	۴۴۱	۳.۸۳	۳.۸۳	۳.۹۱	۴.۰۱
۱۲۹	۶۳۲	۴۷۵	۳۵۲	۲۷۰	۳.۴۲	۳.۳۴	۳.۳۱	۳.۳۱
۱۳۰	۱۳۴۸	۱۸۸۳	۲۰۵۱	۲۰۸۰	۳.۷۲	۳.۷۲	۳.۶۷	۳.۶۲
۱۳۱	۲۲۳۱	۳۰۲۴	۴۵۱۵	۵۰۱۰	۳.۲۸	۳.۱۱	۳.۰۰	۲.۹۱
۱۳۲	۳۹۲	۴۰۲	۴۰۷	۴۱۰	۳.۴۹	۳.۳۴	۳.۲۶	۳.۱۸
۱۳۳	۲۰۴۶	۱۸۵۶	۱۴۴۵	۱۱۲۹	۳.۲۶	۳.۱۲	۳.۰۴	۲.۹۸
۱۳۴	۹۸۸	۱۱۲۷	۱۳۳۴	۱۷۴۷	۳.۵۶	۳.۴۵	۳.۴۰	۳.۳۷
۱۳۵	۱۵۹۰	۱۵۵۶	۱۳۳۵	۱۱۴۰	۳.۱۷	۳.۰۱	۲.۹۱	۲.۸۲
۱۳۶	۱۵۷۹	۱۵۹۴	۱۵۸۳	۱۵۶۳	۳.۴۴	۳.۳۰	۳.۲۲	۳.۱۶
۱۳۷	۸۷۰	۸۸۵	۷۲۱	۵۶۳	۳.۴۷	۳.۳۳	۳.۲۵	۳.۱۹
۱۳۸	۷۷۶	۹۴۷	۱۳۳۰	۱۳۶۰	۳.۳۹	۳.۲۶	۳.۱۹	۳.۱۴
۱۳۹	۷۵۱	۱۲۹۸	۱۳۳۴	۱۳۳۴	۳.۳۵	۳.۱۵	۳.۰۷	۳.۰۷
۱۴۰	۶۱۴	۸۱۶	۱۲۱۵	۱۸۶۷	۳.۵۰	۳.۳۸	۳.۳۲	۳.۲۸
۱۴۱	۱۳۱۵	۱۳۳۴	۱۳۳۲	۱۳۲۳	۳.۴۰	۳.۲۷	۳.۲۰	۳.۱۵
۱۴۲	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۱۴۳	۱۰۸۴	۱۲۹۱	۱۳۵۴	۱۵۹۳	۳.۴۴	۳.۳۰	۳.۲۳	۳.۱۷
۱۴۴	۷۹۶	۸۱۱	۸۱۴	۶۳۸	۳.۳۰	۳.۱۵	۳.۰۵	۲.۹۸
۱۴۵	۴۵۴	۶۹۵	۱۱۱۳	۱۳۲۵	۳.۵۶	۳.۴۲	۳.۳۵	۳.۲۹
۱۴۶	۲۲۷۲	۲۴۷۲	۲۵۴۰	۲۵۴۰	۳.۳۶	۳.۲۰	۳.۱۱	۳.۱۱
۱۴۷	۱۷۹۹	۱۶۹۲	۱۵۶۵	۱۲۲۷	۳.۳۰	۳.۱۶	۳.۰۶	۲.۹۹
۱۴۸	۱۲۲۳	۱۵۰۱	۱۶۶۴	۲۰۹۵	۳.۲۱	۳.۰۴	۲.۹۳	۲.۸۳
۱۴۹	۷۲۹	۱۱۶۳	۱۸۸۸	۲۹۴۷	۳.۲۶	۳.۱۰	۳.۰۱	۲.۹۳
۱۵۰	۲۷۹۱	۲۸۷۱	۲۸۷۱	۲۸۷۱	۳.۴۷	۳.۳۷	۳.۳۷	۳.۳۷
۱۵۱	۲۲۴۷	۲۴۹۹	۲۸۲۴	۳۴۳۱	۳.۳۹	۳.۲۵	۳.۱۶	۳.۱۰
۱۵۲	۲۰۹۵	۲۱۵۵	۲۱۵۵	۲۱۵۵	۳.۲۷	۳.۱۸	۳.۱۸	۳.۱۸

شماره ناحیه	تعداد خانوار				بعد خانوار			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۵۳	۷	۲۶	۴۰	۱۳۴	۳.۲۹	۳.۲۰	۳.۱۷	۳.۱۷
۱۵۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۱۵۵	۱۱۱۶	۱۴۳۳	۱۴۷۳	۱۴۷۳	۳.۷۷	۳.۵۷	۳.۴۸	۳.۴۸

۶-۱-۳- پیش‌بینی سایر متغیرها

۱-۶-۱-۳- برآورد تعداد دانش‌آموزان

در فرآیند مدل‌سازی تقاضای سفر، تعیین تعداد محصلان (دانش‌آموزان و دانشجویان) در محل سکونت به عنوان یکی از متغیرهای مستقل کلیدی در توابع تولید سفر محسوب می‌شود. از آنجا که سفرهای آموزشی سهم عمده‌ای از سفرهای دوره اوج صبحگاهی را به خود اختصاص می‌دهند، دقت در برآورد این متغیر مستقیماً بر صحت مدل‌های تخصیص ترافیک و برنامه‌ریزی ناوگان حمل‌ونقل همگانی تأثیرگذار است. در ضابطه ۸۰۱، دو رویکرد اصلی برای این منظور پیش‌بینی شده است: روش رشد جمعیت و روش هرم سنی.

۱- روش رشد جمعیت[۱]:

این روش بر این فرض استوار است که تعداد محصلان ساکن در هر ناحیه ترافیکی، متناسب با تغییرات کل جمعیت آن ناحیه تغییر می‌کند.

برای برآورد محصلان در این روش، ابتدا نسبت جمعیت ($P_i^{T_1}$) به تعداد محصلان ($RST_i^{T_1}$) در سال پایه (T_1) محاسبه می‌گردد:

$$RPRST_i^{T_1} = \frac{P_i^{T_1}}{RST_i^{T_1}}$$

سپس با در نظر گرفتن نرخ رشد این نسبت (rs_i)، مقدار آن برای سال افق (T_2) به شرح زیر پیش‌بینی می‌شود:

$$RPRST_i^t = RPRST_i^{T_1}(1 + rs_i)^{t-T_1}$$

در نهایت، تعداد محصلان ساکن در سال هدف از رابطه زیر استخراج می‌گردد:

[۱] Population Growth Method

$$RST_i^t = \frac{P_i^t}{RPRST_i^t}$$

نقد و بررسی روش رشد: طبق ضابطه ۸۰۱، استفاده از این روش در نواحی با تغییرات سریع جمعیتی یا نواحی جدیدالاحداث توصیه نمی‌شود. استدلال فنی بر این است که نرخ رشد محصلان همواره با نرخ رشد کل جمعیت همگرا نیست. برای مثال، در نواحی که با پدیده پیری جمعیت مواجه هستند، ممکن است جمعیت کل ثابت بماند اما تعداد دانش‌آموزان با کاهش جدی روبرو شود.

۲- روش هرم سنی[۱]:

این روش به دلیل ماهیت دموگرافیک و تفکیک گروه‌های سنی، از دقت بالاتری برخوردار است و در مطالعات جامع حمل‌ونقل صلبیت بیشتری دارد. در این رویکرد، تمرکز بر گروه سنی ۶ تا ۱۹ سال (برای دانش‌آموزان) و ۱۹ تا ۳۰ سال (برای دانشجویان) است. ضریب α نشان‌دهنده نسبت محصلان ساکن (Stu_i) به کل جمعیت واقع در آن بازه سنی ($P_i^{۶-۱۹}$) در یک ناحیه ترافیکی است:

$$\alpha = \frac{Stu_i}{P_i^{۶-۱۹}}$$

در صورتی که داده‌های خرد در سطح نواحی ترافیکی موجود نباشد، ضابطه ۸۰۱ اجازه می‌دهد که از ضرایب متناظر کل شهر (استخراج شده از سرشماری‌های مرکز آمار ایران) برای نواحی استفاده شود. این روش به ویژه در مدل‌سازی‌های بلندمدت که ساختار سنی جمعیت توسط نهادهای حاکمیتی پیش‌بینی شده است، خطای کمتری نسبت به روش رشد ساده دارد.

در اجرای ضابطه ۸۰۱، نکاتی وجود دارد که باید توسط کارشناس فنی مورد تدقیق قرار گیرد:

- **نواحی با جمعیت صفر در سال پایه**: برای نواحی توسعه آتی (مانند شهرک‌های در حال ساخت)، نسبت RPRST تعریف‌نشده است. در این موارد پیشنهاد می‌شود از میانگین وزنی نواحی مجاور با بافت مشابه استفاده گردد.
- **تغییرات نرخ مشارکت تحصیلی**: ضابطه ۸۰۱ فرض را بر ثبات نرخ مشارکت در طول زمان می‌گذارد. با این حال، با استناد به استانداردهای ITE (Institute of Transportation Engineers)، تغییرات در سیاست‌های آموزشی و نرخ ورود به دانشگاه باید به عنوان یک ضریب تعدیل‌گر در مقدار α لحاظ شود.

[۱] Age Pyramid Method

- **تفکیک دانش‌آموز و دانشجو**: پیشنهاد می‌شود فرآیند برآورد برای این دو گروه به صورت مجزا انجام پذیرد، چرا که رفتار سفر دانشجویی (تمایل بیشتر به استفاده از حمل‌ونقل عمومی و توزیع زمانی متفاوت) با رفتار سفر دانش‌آموزی کاملاً متمایز است.

اطلاعات تعداد دانش‌آموزان در محل تحصیل در سال پایه، از اداره کل آموزش و پرورش استان قابل دریافت است. برای برآورد تعداد دانش‌آموزان سال افق در محل تحصیل، باید از اطلاعات طرح‌های فرادست وزارت آموزش و پرورش و طرح توسعه و عمران در زمینه کاربری زمین استفاده شود. فرض می‌شود نسبت تعداد دانش‌آموز در محل تحصیل (STU) به تعداد دانش‌آموز در محل سکونت (RSTU) عدد ثابتی باشد که آن را با β نمایش می‌دهند و به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

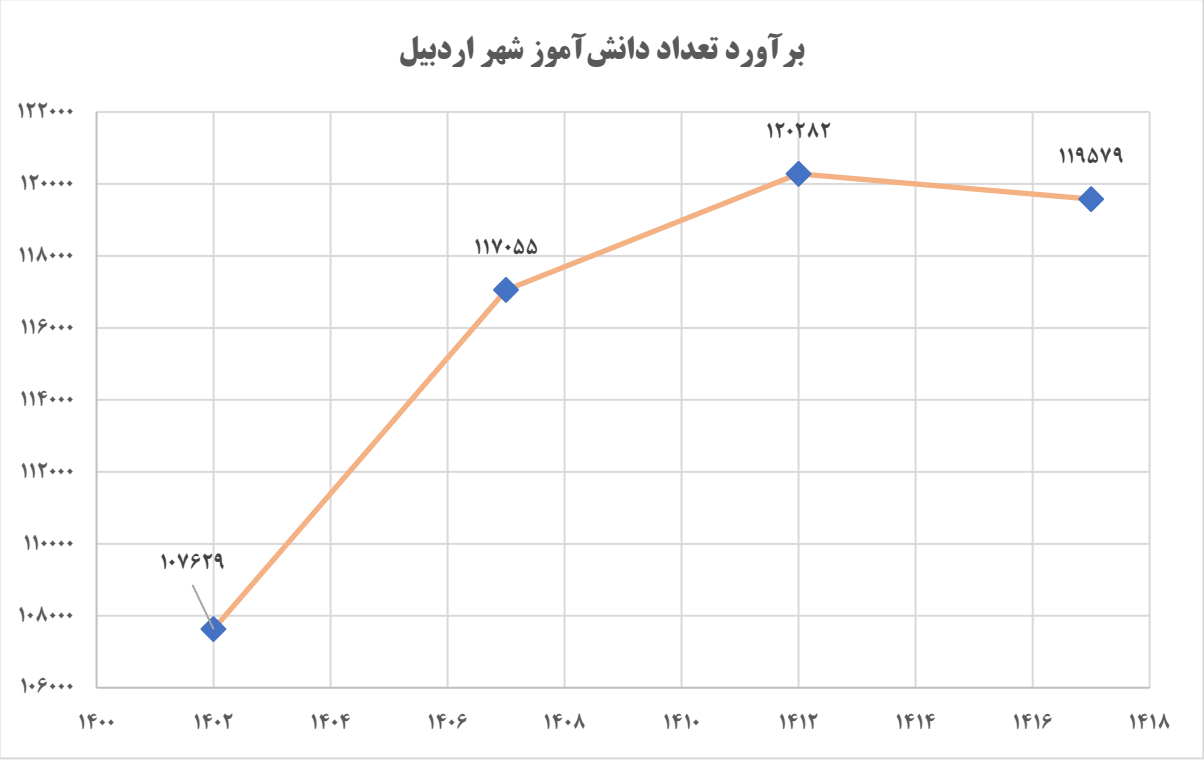
$$\beta = \frac{STU}{RSTU}$$

با دانستن ضریب β در سال پایه و ثابت فرض کردن آن در سال‌های افق، و با استفاده از برآورد تعداد دانش‌آموز ساکن نواحی ترافیکی در سال‌های افق، می‌توان تعداد دانش‌آموز در محل تحصیل متناظر را به سادگی محاسبه کرد.

جدول ۳-۲۱ : برآورد تعداد کل دانش آموزان در محل سکونت محدوده مورد مطالعه

سال	معیار	مقدار
۱۴۰۲	کل جمعیت (نفر)	۶۰۷۲۳۴
	جمعیت در بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال (نفر)	۱۱۰۷۰۸
	نسبت جمعیت بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال به کل	٪۱۸.۲۳
	تعداد دانش آموزان (نفر)	۱۰۷۶۲۹
	نسبت تعداد دانش‌آموزان به جمعیت بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال	۰.۹۷۲۱
۱۴۰۷	کل جمعیت (نفر)	۶۵۶۶۳۲
	جمعیت در بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال (نفر)	۱۲۰۴۰۴
	نسبت جمعیت بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال به کل جمعیت	٪۱۸.۳۳
	برآورد تعداد دانش آموزان (نفر)	۱۱۷۰۵۵
۱۴۱۲	کل جمعیت (نفر)	۶۹۹۵۳۸
	جمعیت در بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال (نفر)	۱۲۳۷۲۴
	نسبت جمعیت بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال به کل جمعیت	٪۱۷.۶۸
	برآورد تعداد دانش آموزان (نفر)	۱۲۰۲۸۲
	کل جمعیت (نفر)	۷۳۵۰۵۸

سال	معیار	مقدار
۱۴۱۷	جمعیت در بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال (نفر)	۱۲۳۰۰۰
	نسبت جمعیت بازه سنی ۶ تا ۱۸ سال به کل جمعیت	٪۱۶.۷۳
	برآورد تعداد دانش آموزان (نفر)	۱۱۹۵۷۹



شکل ۳-۲۸ : برآورد تعداد کل دانش‌آموز در محل سکونت در سال‌های افق محدوده مورد مطالعه

جدول ۳-۲۲ : برآورد تعداد دانش‌آموز ساکن و دانش آموز در محل تحصیل در سال‌های افق به تفکیک نواحی ترافیکی

ناحیه ترافیکی	تعداد دانش آموز در محل سکونت				تعداد دانش آموز در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۳۲۱	۳۱۷	۲۹۷	۲۶۴	۲۷۹۶	۳۰۴۱	۳۱۲۵	۳۱۰۷
۳	۷۶۰	۸۴۳	۱۰۱۶	۱۱۴۶	۲۳۷۶	۲۵۸۴	۲۶۵۵	۲۶۳۹
۴	۷۷۱	۸۷۶	۱۱۰۴	۱۳۵۲	۷۷	۸۴	۸۷	۸۶
۵	۳۷۱	۴۰۲	۴۳۶	۴۸۱	۷۳۴	۷۹۸	۸۲۰	۸۱۶
۶	۵۶۵	۶۶۱	۶۳۶	۵۸۱	۷۸۶	۸۵۵	۸۷۹	۸۷۴
۷	۱۹۲	۱۶۸	۱۳۹	۱۰۹	۳۵۹۸	۳۹۱۳	۴۰۲۱	۳۹۹۷
۸	۳۲۹	۳۸۸	۴۶۷	۴۵۳	۳۴۱۷	۳۷۱۶	۳۸۱۹	۳۷۹۶
۹	۴۵	۳۵	۲۵	۱۸	۴۵۹	۴۹۹	۵۱۲	۵۰۹
۱۰	۴۶۶	۴۹۵	۶۱۸	۷۴۹	۳۸۱	۴۱۴	۴۲۶	۴۲۳
۱۱	۵۳۷	۶۱۰	۷۰۹	۷۹۷	۷۸۵	۸۵۳	۸۷۷	۸۷۲
۱۲	۱۴۴۶	۱۴۳۸	۱۳۸۲	۱۲۶۱	۲۱۱۱	۲۲۹۶	۲۳۵۹	۲۳۴۵
۱۳	۱۰۶۳	۱۲۰۴	۱۳۵۳	۱۴۶۱	۳۶۸	۴۰۰	۴۱۱	۴۰۸
۱۴	۴۱۶	۴۴۰	۴۶۱	۴۶۶	۰	۰	۰	۰
۱۵	۵۸۵	۴۸۶	۳۸۳	۲۷۶	۴۹	۵۳	۵۴	۵۴
۱۶	۵۲۷	۵۹۸	۶۵۷	۶۱۸	۱۳۳۴	۱۴۵۱	۱۴۹۱	۱۴۸۲
۱۷	۵۸۷	۵۹۸	۵۷۹	۵۳۱	۲۰۰۹	۲۱۸۵	۲۲۴۵	۲۲۳۲
۱۸	۳۱۹	۳۵۵	۴۰۴	۴۴۲	۰	۰	۰	۰
۱۹	۷۳۲	۸۹۶	۸۹۲	۸۳۹	۱۱۹۵	۱۳۰۰	۱۳۳۶	۱۳۲۸
۲۰	۴۳۵	۵۷۲	۵۷۰	۵۳۷	۸۷۷	۹۵۳	۹۸۰	۹۷۴
۲۱	۱۵۶	۱۹۵	۲۰۹	۱۹۶	۴۹۷	۵۴۱	۵۵۶	۵۵۲
۲۲	۸۷۵	۹۱۴	۹۰۵	۸۵۲	۳۰۳	۳۲۹	۳۳۸	۳۳۶
۲۳	۴۳۹	۴۷۳	۴۹۶	۴۱۴	۴۷۱	۵۱۲	۵۲۷	۵۲۳
۲۴	۵۹۹	۶۷۱	۵۹۸	۵۰۶	۰	۰	۰	۰
۲۵	۳۶۷	۴۲۶	۴۹۱	۴۶۲	۷۵۸	۸۲۴	۸۴۷	۸۴۲
۲۶	۷۲۵	۹۵۹	۹۹۶	۹۳۷	۹۶۸	۱۰۵۲	۱۰۸۱	۱۰۷۵
۲۷	۱۷۱۶	۱۷۹۱	۱۷۷۵	۱۶۷۰	۱۷۹۲	۱۹۴۹	۲۰۰۲	۱۹۹۱
۲۸	۷۶۱	۸۱۴	۸۰۷	۷۵۹	۱۲۰۴	۱۳۱۰	۱۳۴۶	۱۳۳۸
۲۹	۲۶۷	۲۷۱	۲۶۰	۲۳۷	۱۰۵	۱۱۵	۱۱۸	۱۱۷
۳۰	۱۰۴۹	۱۱۴۶	۱۲۱۵	۱۲۳۵	۳۷۷۶	۴۱۰۷	۴۲۲۰	۴۱۹۶

ناحیه ترافیکی	تعداد دانش آموز در محل سکونت				تعداد دانش آموز در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۳۱	۱۶۱۳	۱۹۲۳	۱۹۵۷	۱۸۴۱	۴۶۸۲	۵۰۹۲	۵۲۳۲	۵۲۰۱
۳۲	۱۰۳۱	۱۴۱۳	۱۴۴۲	۱۳۵۷	۰	۰	۰	۰
۳۳	۴۴۸	۴۹۵	۶۲۴	۶۰۱	۰	۰	۰	۰
۳۴	۱۵۰۸	۱۶۰۰	۱۶۶۱	۱۷۲۸	۱۶۰۸	۱۷۴۹	۱۷۹۷	۱۷۸۷
۳۵	۴۴۶	۶۱۳	۷۵۳	۷۱۶	۶۰۴	۶۵۷	۶۷۶	۶۷۲
۳۶	۱۱۳۶	۱۵۲۲	۱۸۵۷	۱۷۶۷	۱۲۰۴	۱۳۰۹	۱۳۴۵	۱۳۳۷
۳۷	۳۵۷	۴۵۲	۴۷۷	۴۵۴	۸۹۹	۹۷۸	۱۰۰۵	۹۹۹
۳۸	۱۰۴۹	۱۱۵۹	۱۳۷۴	۱۷۰۸	۷۸۹	۸۵۸	۸۸۲	۸۷۷
۳۹	۱۴۱۲	۱۶۴۸	۱۶۵۶	۱۵۷۵	۱۴۸۴	۱۶۱۴	۱۶۵۸	۱۶۴۸
۴۰	۶۱۷	۷۰۷	۸۰۲	۸۴۵	۹۱۹	۹۹۹	۱۰۲۷	۱۰۲۱
۴۱	۳۷۴	۳۵۰	۳۱۱	۲۶۳	۸۴۷	۹۲۱	۹۴۶	۹۴۱
۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۳	۴۲۸	۴۸۳	۵۷۰	۷۰۷	۳۷۵	۴۰۸	۴۱۹	۴۱۶
۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۵	۱۳۶	۱۳۲	۱۲۲	۱۰۷	۴۷	۵۱	۵۲	۵۲
۴۶	۵۱۱	۵۴۴	۵۶۹	۴۶۷	۲۹۸	۳۲۴	۳۳۳	۳۳۱
۴۷	۹۳۵	۱۰۲۵	۱۰۹۸	۱۱۷۴	۴۵۶	۴۹۶	۵۰۹	۵۰۶
۴۸	۰	۰	۰	۰	۱۳۱	۱۴۲	۱۴۶	۱۴۵
۴۹	۴۵۱	۵۳۹	۶۴۹	۶۸۵	۲۷۱	۲۹۵	۳۰۳	۳۰۱
۵۰	۶۱۲	۶۹۱	۷۶۶	۷۵۱	۲۹	۳۱	۳۲	۳۲
۵۱	۵۷۴	۶۵۰	۷۲۷	۷۹۲	۹۴۹	۱۰۳۲	۱۰۶۰	۱۰۵۴
۵۲	۲۷۰	۳۲۶	۳۵۵	۳۳۷	۰	۰	۰	۰
۵۳	۶۷۷	۷۱۷	۷۳۶	۷۴۸	۰	۰	۰	۰
۵۴	۵۰۱	۵۲۹	۵۲۹	۵۰۳	۶۵۳	۷۱۰	۷۳۰	۷۲۶
۵۵	۵۲۰	۵۶۵	۵۶۵	۵۳۸	۱۰۷۸	۱۱۷۳	۱۲۰۵	۱۱۹۸
۵۶	۸۷۱	۹۵۵	۱۰۶۳	۱۰۱۱	۰	۰	۰	۰
۵۷	۶۶۷	۷۶۴	۷۰۷	۶۲۴	۱۵۶	۱۶۹	۱۷۴	۱۷۳
۵۸	۱۲۰۶	۱۶۴۰	۱۶۶۱	۱۵۸۰	۴۶۹	۵۱۰	۵۲۵	۵۲۱
۵۹	۱۳۲۰	۱۶۸۲	۱۶۹۸	۱۶۱۵	۳۰۱	۳۲۷	۳۳۶	۳۳۴
۶۰	۱۱۴۹	۱۱۶۹	۱۱۳۱	۱۰۴۴	۸۰۴	۸۷۴	۸۹۸	۸۹۳
۶۱	۸۲۵	۹۲۴	۱۱۱۷	۱۵۵۱	۷۱۳	۷۷۶	۷۹۷	۷۹۳
۶۲	۳۸۱	۴۰۶	۴۶۹	۶۴۱	۰	۰	۰	۰

ناحیه ترافیکی	تعداد دانش آموز در محل سکونت				تعداد دانش آموز در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۶۳	۰	۰	۰	۰	۴۲۶	۴۶۳	۴۷۶	۴۷۳
۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶۵	۶۳۰	۷۶۲	۷۶۷	۷۳۰	۰	۰	۰	۰
۶۶	۶۰۳	۶۲۷	۶۲۱	۵۸۶	۶۰۹	۶۶۲	۶۸۱	۶۷۷
۶۷	۸۶۹	۹۹۵	۱۲۰۵	۱۱۶۴	۳۰۱	۳۲۷	۳۳۶	۳۳۴
۶۸	۷۰۳	۸۳۷	۸۳۰	۷۸۵	۹۰۳	۹۸۲	۱۰۰۹	۱۰۰۳
۶۹	۱۱۱۲	۱۱۷۳	۱۱۷۱	۱۱۱۵	۲۱۸۷	۲۳۷۹	۲۴۴۴	۲۴۳۰
۷۰	۱۲۷۱	۱۴۰۷	۱۴۰۹	۱۳۴۰	۱۵۷۴	۱۷۱۲	۱۷۵۹	۱۷۴۹
۷۱	۵۶۴	۶۱۸	۶۶۵	۷۱۶	۲۱۷۳	۲۳۶۳	۲۴۲۸	۲۴۱۴
۷۲	۷۲۴	۷۵۹	۷۵۸	۷۲۱	۲۴۷	۲۶۸	۲۷۶	۲۷۴
۷۳	۵۹۳	۵۵۴	۴۴۰	۳۲۰	۶۵۰	۷۰۶	۷۲۶	۷۲۲
۷۴	۱۲۵	۹۶	۷۰	۵۱	۰	۰	۰	۰
۷۵	۲۳۵	۲۶۶	۲۹۹	۳۴۵	۳۳۲۰	۳۶۱۰	۳۷۱۰	۳۶۸۸
۷۶	۳۴۰	۴۱۳	۵۰۶	۵۱۷	۰	۰	۰	۰
۷۷	۲۶	۲۰	۱۴	۱۱	۰	۰	۰	۰
۷۸	۱۰۸۲	۱۳۰۰	۱۵۷۱	۱۵۸۵	۱۰۷۷	۱۱۷۲	۱۲۰۴	۱۱۹۷
۷۹	۹۶۲	۱۰۰۵	۱۰۰۰	۹۴۷	۷۷۰	۸۳۸	۸۶۱	۸۵۶
۸۰	۸۷۴	۸۵۸	۸۱۶	۷۶۸	۱۰۷۰	۱۱۶۴	۱۱۹۶	۱۱۸۹
۸۱	۱۰۰۷	۹۹۰	۹۴۲	۸۸۶	۲۳۲۶	۲۵۳۰	۲۵۹۹	۲۵۸۴
۸۲	۱۱۴	۱۱۲	۱۰۷	۱۰۰	۵۹	۶۵	۶۶	۶۶
۸۳	۴۷	۴۶	۴۴	۴۱	۰	۰	۰	۰
۸۴	۰	۰	۰	۰	۴۲۴	۴۶۱	۴۷۴	۴۷۱
۸۵	۵۰۰	۴۹۰	۴۶۷	۴۳۹	۸۲۴	۸۹۶	۹۲۱	۹۱۶
۸۶	۴۴	۴۳	۴۱	۳۹	۰	۰	۰	۰
۸۷	۱۰۲۵	۱۰۰۴	۹۵۶	۹۰۰	۸۰۷	۸۷۸	۹۰۲	۸۹۷
۸۸	۷۶۷	۷۵۳	۷۱۶	۶۷۴	۱۹۱۲	۲۰۷۹	۲۱۳۶	۲۱۲۴
۸۹	۹۸۰	۹۶۰	۹۱۴	۸۶۰	۱۱۸۸	۱۲۹۲	۱۳۲۸	۱۳۲۰
۹۰	۱۰۳۴	۱۰۱۴	۹۶۴	۹۰۸	۳۱۱۴	۳۳۸۷	۳۴۸۰	۳۴۶۰
۹۱	۱۲۴۱	۱۲۱۶	۱۱۵۷	۱۰۸۹	۹۰	۹۸	۱۰۱	۱۰۰
۹۲	۶۱۲	۶۰۰	۵۷۰	۵۳۷	۶۸۳	۷۴۳	۷۶۳	۷۵۹
۹۳	۱۲۵۱	۱۳۵۲	۱۲۹۵	۱۲۱۹	۰	۰	۰	۰
۹۴	۱۳۵۷	۱۴۶۶	۱۴۰۵	۱۳۲۳	۱۷۰۰	۱۸۴۹	۱۹۰۰	۱۸۸۹

ناحیه ترافیکی	تعداد دانش آموز در محل سکونت				تعداد دانش آموز در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۹۵	۱۲	۷۱	۱۸۱	۲۵۹	۰	۰	۰	۰
۹۶	۶۹۲	۷۴۳	۷۱۲	۶۷۰	۲۵۷	۲۷۹	۲۸۷	۲۸۵
۹۷	۲۳	۱۳۰	۲۲۸	۲۴۵	۰	۰	۰	۰
۹۸	۷۸۸	۸۰۱	۷۶۴	۷۱۹	۴۸	۵۲	۵۳	۵۳
۹۹	۷۲۸	۷۱۵	۶۸۰	۶۴۰	۲۴۱	۲۶۳	۲۷۰	۲۶۸
۱۰۰	۷۰	۴۰۱	۱۰۲۰	۱۴۹۵	۰	۰	۰	۰
۱۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰۲	۵۰۸	۴۹۸	۴۷۴	۴۴۶	۷۸۶	۸۵۵	۸۷۹	۸۷۴
۱۰۳	۱۹۸۳	۲۰۳۶	۱۹۴۴	۱۸۳۰	۱۹۴	۲۱۱	۲۱۶	۲۱۵
۱۰۴	۱۰	۵۵	۱۴۰	۱۵۹	۰	۰	۰	۰
۱۰۵	۲۶۶	۷۷۵	۸۷۳	۸۶۱	۴۷۲	۵۱۳	۵۲۸	۵۲۴
۱۰۶	۲۵۲۲	۲۵۳۷	۲۶۵۰	۲۶۲۶	۳۵۰	۳۸۰	۳۹۱	۳۸۸
۱۰۷	۲۰۴۵	۳۳۵۱	۳۳۰۶	۴۲۵۴	۰	۰	۰	۰
۱۰۸	۴۷۵	۱۰۳۱	۱۰۱۷	۹۸۴	۰	۰	۰	۰
۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۱۰	۱۲۲۱	۱۱۸۰	۱۰۵۲	۹۹۳	۰	۰	۰	۰
۱۱۱	۱۲۵	۱۱۲	۹۷	۹۱	۰	۰	۰	۰
۱۱۲	۷۴	۳۵۱	۱۵۳۵	۱۸۲۳	۰	۰	۰	۰
۱۱۳	۵۱۲	۳۳۳	۲۱۰	۱۵۱	۶۱۹	۶۷۳	۶۹۲	۶۸۸
۱۱۴	۱۴۰۲	۱۲۴۲	۱۰۶۹	۱۰۰۱	۰	۰	۰	۰
۱۱۵	۹۲۱	۸۱۶	۷۰۲	۶۵۷	۰	۰	۰	۰
۱۱۶	۳۵۲	۳۴۱	۳۰۴	۲۸۷	۳۶۳	۳۹۵	۴۰۶	۴۰۳
۱۱۷	۱۲۱۲	۸۴۳	۵۵۰	۳۹۴	۵۱۶	۵۶۱	۵۷۷	۵۷۳
۱۱۸	۱۱۵۲	۷۷۴	۵۰۵	۳۶۲	۱۴۲۷	۱۵۵۲	۱۵۹۵	۱۵۸۵
۱۱۹	۹۳۱	۸۲۰	۷۰۲	۶۵۴	۲۴۳	۲۶۵	۲۷۲	۲۷۰
۱۲۰	۱۱۰۸	۷۴۵	۴۸۶	۳۴۸	۳۶۲۲	۳۹۴۰	۴۰۴۸	۴۰۲۴
۱۲۱	۱۲۶۴	۱۱۵۳	۱۰۰۳	۹۴۲	۰	۰	۰	۰
۱۲۲	۱۲۲۳	۹۶۰	۶۴۲	۴۶۸	۳۲۸	۳۵۷	۳۶۶	۳۶۴
۱۲۳	۵۲۹	۴۲۸	۳۱۸	۲۵۶	۱۳۵۸	۱۴۷۷	۱۵۱۸	۱۵۰۹
۱۲۴	۱۱۹۹	۸۳۴	۵۴۴	۳۹۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱
۱۲۵	۸۹۸	۸۰۲	۶۹۲	۶۴۸	۳۴۱	۳۷۰	۳۸۱	۳۷۸
۱۲۶	۶۰۹	۳۹۶	۲۵۰	۱۷۹	۳۳۶	۳۶۵	۳۷۶	۳۷۳

ناحیه ترافیکی	تعداد دانش آموز در محل سکونت				تعداد دانش آموز در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۲۷	۸۴۷	۷۹۲	۶۹۶	۶۵۵	۳۱۹	۳۴۷	۳۵۶	۳۵۴
۱۲۸	۶۱۲	۵۰۷	۳۴۷	۲۴۹	۰	۰	۰	۰
۱۲۹	۴۲۶	۲۷۷	۱۷۵	۱۲۵	۰	۰	۰	۰
۱۳۰	۹۸۸	۱۴۴۸	۱۵۴۲	۱۴۶۶	۱۳۲۲	۱۴۳۸	۱۴۷۸	۱۴۶۹
۱۳۱	۱۴۴۲	۱۹۴۷	۲۷۷۸	۲۸۴۳	۶۷۷	۷۳۷	۷۵۷	۷۵۳
۱۳۲	۲۶۹	۲۷۸	۲۷۱	۲۵۴	۰	۰	۰	۰
۱۳۳	۱۳۱۳	۱۱۹۹	۹۰۱	۶۵۶	۱۳۲۸	۱۴۴۴	۱۴۸۴	۱۴۷۵
۱۳۴	۶۹۳	۸۰۴	۹۲۹	۱۱۴۷	۵۲۹	۵۷۵	۵۹۱	۵۸۸
۱۳۵	۹۹۵	۹۷۰	۷۹۶	۶۲۸	۱۸۴۴	۲۰۰۶	۲۰۶۱	۲۰۴۹
۱۳۶	۱۰۶۹	۱۰۸۹	۱۰۴۵	۹۶۴	۷۷۶	۸۴۴	۸۶۷	۸۶۲
۱۳۷	۵۹۵	۶۱۰	۴۸۱	۳۵۰	۱۹۷	۲۱۵	۲۲۰	۲۱۹
۱۳۸	۵۱۹	۶۳۹	۸۷۰	۸۳۳	۰	۰	۰	۰
۱۳۹	۴۹۶	۸۴۷	۸۳۹	۷۹۸	۲۷۴	۲۹۸	۳۰۶	۳۰۴
۱۴۰	۴۲۳	۵۷۰	۸۲۷	۱۱۹۶	۰	۰	۰	۰
۱۴۱	۸۸۱	۹۰۴	۸۷۴	۸۱۲	۷۳۶	۸۰۰	۸۲۳	۸۱۸
۱۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۴۳	۷۳۵	۸۸۳	۸۹۶	۹۸۵	۱۹۳۸	۲۱۰۷	۲۱۶۶	۲۱۵۳
۱۴۴	۵۱۷	۵۲۸	۵۰۹	۳۷۱	۱۶۰	۱۷۴	۱۷۹	۱۷۸
۱۴۵	۳۱۸	۴۹۲	۷۶۳	۸۵۱	۰	۰	۰	۰
۱۴۶	۱۵۰۲	۱۶۳۷	۱۶۲۱	۱۵۴۲	۵۸۷	۶۳۹	۶۵۶	۶۵۳
۱۴۷	۱۱۷۱	۱۱۰۵	۹۸۳	۷۱۶	۴۵۰	۴۹۰	۵۰۳	۵۰۰
۱۴۸	۷۷۴	۹۴۴	۹۹۸	۱۱۵۵	۶۷۵	۷۳۴	۷۵۴	۷۵۰
۱۴۹	۴۶۸	۷۴۷	۱۱۶۴	۱۶۸۳	۰	۰	۰	۰
۱۵۰	۱۹۰۸	۲۰۰۴	۱۹۸۵	۱۸۸۸	۹۰۵	۹۸۵	۱۰۱۲	۱۰۰۶
۱۵۱	۱۴۹۹	۱۶۷۹	۱۸۳۲	۲۰۷۵	۵۰۴	۵۴۹	۵۶۴	۵۶۰
۱۵۲	۱۳۵۱	۱۴۱۹	۱۴۰۵	۱۳۳۷	۱۲۹۵	۱۴۰۹	۱۴۴۸	۱۴۳۹
۱۵۳	۴	۱۷	۲۶	۸۳	۱۷۷	۱۹۲	۱۹۷	۱۹۶
۱۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۵۵	۸۲۸	۱۰۶۰	۱۰۵۰	۹۹۹	۰	۰	۰	۰

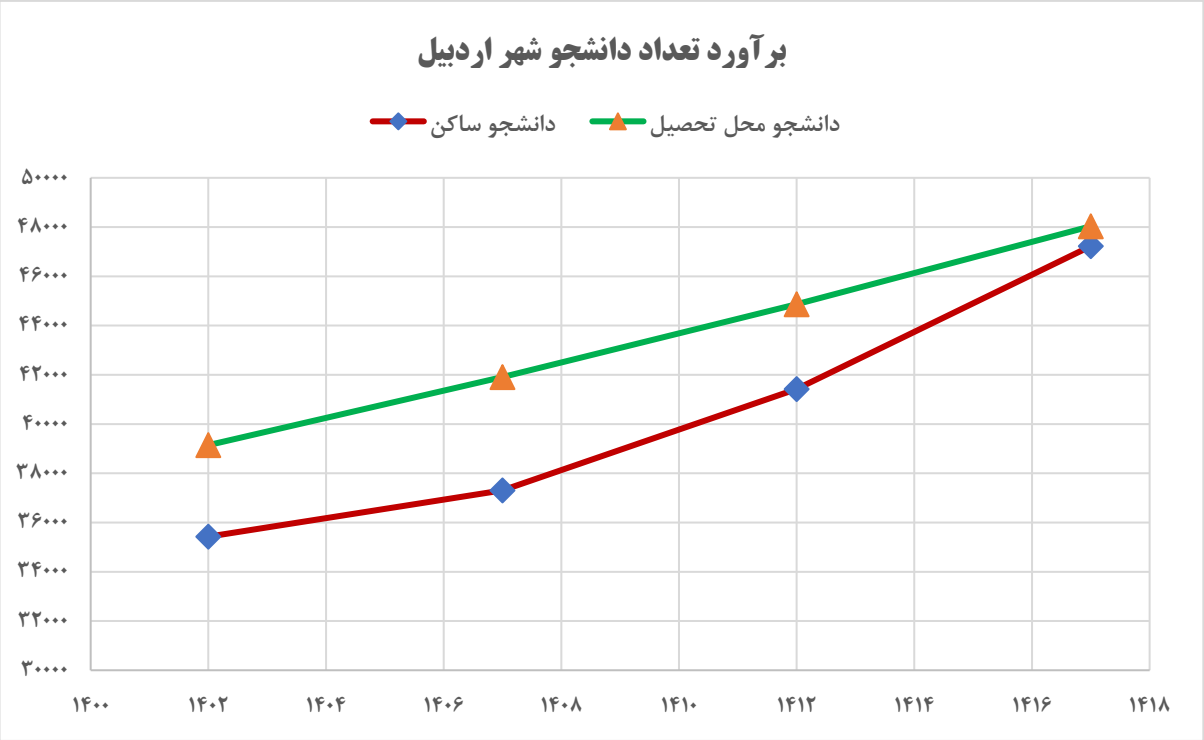
۲-۶-۱-۳- برآورد تعداد دانشجویان

مشابه با روش برآورد تعداد دانش‌آموزان با استفاده از روش هرم سنی، تعداد دانشجویان محدوده مورد مطالعه نیز برآورد گردیده است که نتایج آن در ادامه آورده شده است.

جدول ۳-۲۳ : اطلاعات تعداد دانشجویان و جمعیت بر اساس سرشماری نفوس و مسکن در بازه سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵

مقطع	جنسیت	کل کشور			استان اردبیل		شهرستان اردبیل	
		۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
کاردانی (فوق دیپلم)	مرد و زن	۷۳۶,۷۷۵	۱,۰۰۰,۱۶۴	۸۲۲,۳۴۵	۱۳,۷۸۲	۱۱,۰۴۱	۷,۷۶۶	۶,۲۵۸
	مرد	۴۲۷,۷۰۵	۶۱۹,۵۶۰	۵۷۰,۱۱۶	۸,۸۹۱	۷,۶۱۲	۴,۸۰۲	۴,۱۴۸
	زن	۳۰۹,۰۷۰	۳۸۰,۶۰۴	۲۵۲,۲۲۹	۴,۸۹۱	۳,۴۲۹	۲,۹۶۴	۲,۱۱۰
کارشناسی (لیسانس)	مرد و زن	۱,۹۱۰,۹۵۴	۲,۸۹۹,۱۲۰	۲,۵۵۸,۰۶۶	۴۲,۹۷۹	۳۳,۳۲۹	۲۳,۹۳۶	۲۰,۳۸۷
	مرد	۸۱۶,۹۰۵	۱,۳۲۸,۴۱۲	۱,۲۵۷,۹۹۴	۲۱,۹۲۴	۱۷,۵۰۲	۱۲,۱۵۹	۱۰,۲۰۲
	زن	۱,۰۹۴,۰۴۹	۱,۵۷۰,۷۰۸	۱,۳۰۰,۰۷۲	۲۱,۰۵۵	۱۵,۸۲۷	۱۱,۷۷۷	۱۰,۱۸۵
کارشناسی ارشد (فوق لیسانس) و دکتری حرفه‌ای	مرد و زن	۱۵۸,۷۸۳	۴۵۸,۰۱۵	۸۵۲,۷۸۱	۶,۶۳۸	۱۱,۷۸۱	۴,۲۹۱	۷,۹۹۰
	مرد	۸۷,۰۳۴	۲۳۵,۹۲۵	۴۵۱,۰۴۴	۴,۱۶۰	۷,۱۴۶	۲,۵۲۶	۴,۵۹۲
	زن	۷۱,۷۴۹	۲۲۲,۰۹۰	۴۰۱,۷۳۷	۲,۴۷۸	۴,۶۳۵	۱,۷۶۵	۳,۳۹۸
دکترای تخصصی (PhD)	مرد و زن	۲۲,۰۱۶	۴۷,۳۱۵	۱۱۵,۱۹۱	۴۸۶	۱,۳۳۲	۳۶۲	۹۵۲
	مرد	۱۴,۶۹۱	۲۹,۳۰۸	۶۶,۶۷۰	۳۷۹	۹۱۲	۲۸۹	۶۳۱
	زن	۷,۳۲۵	۱۸,۰۰۷	۴۸,۵۲۱	۱۰۷	۴۲۰	۷۳	۳۲۱
کل	**مرد و زن**	**۲,۸۲۸,۵۲۸**	**۴,۴۰۴,۶۱۴**	**۴,۳۴۸,۳۸۳**	**۶۳,۹۰۲**	**۵۷,۴۸۳**	**۳۶,۳۵۸**	**۳۵,۵۸۷**
	مرد	**۱,۳۴۶,۳۳۵**	**۲,۲۱۳,۲۰۵**	**۲,۳۴۵,۸۲۴**	**۳۵,۳۶۵**	**۳۳,۱۷۲**	**۱۹,۷۷۹**	**۱۹,۵۷۳**
	زن	**۱,۴۸۲,۱۹۳**	**۲,۱۹۱,۴۰۹**	**۲,۰۰۲,۵۵۹**	**۲۸,۵۳۷**	**۲۴,۳۱۱**	**۱۶,۵۷۹**	**۱۶,۰۱۴**

مقطع	جنسیت	کل کشور			استان اردبیل		شهرستان اردبیل	
		۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
جمعیت در بازه سنی ۱۹ تا ۳۰ سال		۱۶,۲۳۶,۳۷۴	۱۷,۰۸۷,۱۵۱	۱۴,۵۹۴,۰۱۲	۲۱۳,۵۱۵	۱۹۳,۶۶۸	۱۳۰,۶۷۴	۱۱۹,۴۶۹
سهم دانشجو از کل جمعیت ۱۹ تا ۳۰ سال		٪۱۷.۴۲	٪۲۵.۷۸	٪۲۹.۸۰	٪۲۹.۹۳	٪۲۹.۶۸	٪۲۷.۸۲	٪۲۹.۷۹
تغییرات سالانه سهم دانشجو از کل جمعیت ۱۹ تا ۳۰ سال		–	٪۸.۱۶	٪۲.۹۴	–	٪۰.۱۷-	–	٪۱.۳۷
متوسط تغییرات سالانه سهم دانشجو از کل جمعیت ۱۹ تا ۳۰ سال				٪۵.۵۲		٪۰.۱۷-		٪۱.۳۷



شکل ۳-۲۹ : برآورد تعداد کل دانشجویان محدوده مورد مطالعه در سال‌های افق

جدول ۳-۲۴ : برآورد تعداد دانشجو ساکن و دانشجو در محل تحصیل در سال‌های افق به تفکیک نواحی ترافیکی

ناحیه ترافیکی	تعداد دانشجو در محل سکونت				تعداد دانشجو در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱۰۶	۹۸	۹۶	۱۰۱	۰	۰	۰	۰
۳	۲۵۰	۲۶۰	۳۳۰	۴۳۹	۰	۰	۰	۰
۴	۲۵۴	۲۷۰	۳۵۹	۵۱۷	۰	۰	۰	۰
۵	۱۲۲	۱۲۴	۱۴۲	۱۸۴	۰	۰	۰	۰
۶	۱۸۶	۲۰۴	۲۰۷	۲۲۲	۰	۰	۰	۰
۷	۶۳	۵۲	۴۵	۴۲	۰	۰	۰	۰
۸	۱۰۸	۱۲۰	۱۵۲	۱۷۴	۰	۰	۰	۰
۹	۱۵	۱۱	۸	۷	۰	۰	۰	۰
۱۰	۱۵۴	۱۵۳	۲۰۱	۲۸۷	۰	۰	۰	۰
۱۱	۱۷۷	۱۸۸	۲۳۱	۳۰۵	۰	۰	۰	۰
۱۲	۴۷۶	۴۴۴	۴۴۹	۴۸۳	۰	۰	۰	۰
۱۳	۳۵۰	۳۷۲	۴۴۰	۵۵۹	۰	۰	۰	۰
۱۴	۱۳۷	۱۳۶	۱۵۰	۱۷۸	۰	۰	۰	۰

ناحیه ترافیکی	تعداد دانشجو در محل سکونت				تعداد دانشجو در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۵	۱۹۳	۱۵۰	۱۲۴	۱۰۶	۰	۰	۰	۰
۱۶	۱۷۳	۱۸۴	۲۱۴	۲۳۷	۰	۰	۰	۰
۱۷	۱۹۳	۱۸۵	۱۸۸	۲۰۳	۰	۰	۰	۰
۱۸	۱۰۵	۱۱۰	۱۳۱	۱۶۹	۰	۰	۰	۰
۱۹	۲۴۱	۲۷۶	۲۹۰	۳۲۱	۰	۰	۰	۰
۲۰	۱۴۳	۱۷۷	۱۸۵	۲۰۵	۰	۰	۰	۰
۲۱	۵۱	۶۰	۶۸	۷۵	۰	۰	۰	۰
۲۲	۲۸۸	۲۸۲	۲۹۴	۳۲۶	۰	۰	۰	۰
۲۳	۱۴۵	۱۴۶	۱۶۱	۱۵۸	۰	۰	۰	۰
۲۴	۱۹۷	۲۰۷	۱۹۴	۱۹۴	۰	۰	۰	۰
۲۵	۱۲۱	۱۳۲	۱۶۰	۱۷۷	۰	۰	۰	۰
۲۶	۲۳۹	۲۹۶	۳۲۴	۳۵۹	۰	۰	۰	۰
۲۷	۵۶۵	۵۵۳	۵۷۷	۶۳۹	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۲۸	۲۵۱	۲۵۱	۲۶۲	۲۹۱	۰	۰	۰	۰
۲۹	۸۸	۸۴	۸۴	۹۱	۰	۰	۰	۰
۳۰	۳۴۶	۳۵۴	۳۹۵	۴۷۳	۴۳۵	۴۶۵	۴۹۸	۵۳۳
۳۱	۵۳۱	۵۹۴	۶۳۶	۷۰۵	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۳۲	۳۴۰	۴۳۶	۴۶۹	۵۱۹	۰	۰	۰	۰
۳۳	۱۴۸	۱۵۳	۲۰۳	۲۳۰	۰	۰	۰	۰
۳۴	۴۹۲	۴۷۵	۵۱۲	۶۲۷	۰	۰	۰	۰
۳۵	۱۴۶	۱۸۲	۲۳۲	۲۶۰	۰	۰	۰	۰
۳۶	۳۷۰	۴۵۲	۵۷۲	۶۴۱	۰	۰	۰	۰
۳۷	۱۱۶	۱۳۴	۱۴۷	۱۶۵	۰	۰	۰	۰
۳۸	۳۴۲	۳۴۴	۴۲۳	۶۲۰	۰	۰	۰	۰
۳۹	۴۶۰	۴۸۹	۵۱۰	۵۷۱	۰	۰	۰	۰
۴۰	۲۰۱	۲۱۰	۲۴۷	۳۰۷	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۴۱	۱۲۲	۱۰۴	۹۶	۹۶	۰	۰	۰	۰
۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۳	۱۴۰	۱۴۳	۱۷۶	۲۵۷	۰	۰	۰	۰
۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۵	۴۴	۳۹	۳۷	۳۹	۰	۰	۰	۰
۴۶	۱۶۷	۱۶۱	۱۷۵	۱۷۰	۰	۰	۰	۰

ناحیه ترافیکی	تعداد دانشجو در محل سکونت				تعداد دانشجو در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۴۷	۳۰۵	۳۰۴	۳۳۸	۴۲۶	۰	۰	۰	۰
۴۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۹	۱۴۷	۱۶۰	۲۰۰	۲۴۸	۰	۰	۰	۰
۵۰	۲۰۰	۲۰۵	۲۳۶	۲۷۳	۴۳۵	۴۶۵	۴۹۸	۵۳۳
۵۱	۱۸۷	۱۹۳	۲۲۴	۲۸۷	۰	۰	۰	۰
۵۲	۸۸	۹۷	۱۰۹	۱۲۲	۰	۰	۰	۰
۵۳	۲۲۱	۲۱۳	۲۲۷	۲۷۱	۰	۰	۰	۰
۵۴	۱۶۳	۱۵۷	۱۶۳	۱۸۲	۰	۰	۰	۰
۵۵	۱۶۹	۱۶۸	۱۷۴	۱۹۵	۰	۰	۰	۰
۵۶	۲۸۴	۲۸۳	۳۲۸	۳۶۷	۰	۰	۰	۰
۵۷	۲۱۷	۲۲۷	۲۱۸	۲۲۶	۰	۰	۰	۰
۵۸	۳۹۳	۴۸۷	۵۱۲	۵۷۳	۰	۰	۰	۰
۵۹	۴۳۱	۴۹۹	۵۲۳	۵۸۶	۰	۰	۰	۰
۶۰	۳۷۵	۳۴۷	۳۴۹	۳۷۹	۰	۰	۰	۰
۶۱	۲۶۹	۲۷۴	۳۴۴	۵۶۲	۰	۰	۰	۰
۶۲	۱۲۴	۱۲۱	۱۴۵	۲۳۳	۰	۰	۰	۰
۶۳	۰	۰	۰	۰	۴۳۵	۴۶۵	۴۹۸	۵۳۳
۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶۵	۲۰۵	۲۲۶	۲۳۶	۲۶۵	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۶۶	۱۹۷	۱۸۶	۱۹۱	۲۱۳	۰	۰	۰	۰
۶۷	۲۸۳	۲۹۵	۳۷۱	۴۲۲	۰	۰	۰	۰
۶۸	۲۲۹	۲۴۸	۲۵۶	۲۸۵	۰	۰	۰	۰
۶۹	۳۶۳	۳۴۸	۳۶۱	۴۰۴	۰	۰	۰	۰
۷۰	۴۱۴	۴۱۸	۴۳۴	۴۸۶	۰	۰	۰	۰
۷۱	۱۸۴	۱۸۴	۲۰۵	۲۶۰	۰	۰	۰	۰
۷۲	۲۳۶	۲۲۵	۲۳۴	۲۶۲	۰	۰	۰	۰
۷۳	۱۹۳	۱۶۴	۱۳۵	۱۱۶	۰	۰	۰	۰
۷۴	۴۱	۲۹	۲۲	۱۹	۰	۰	۰	۰
۷۵	۷۷	۷۹	۹۲	۱۲۵	۰	۰	۰	۰
۷۶	۱۱۱	۱۲۳	۱۵۶	۱۸۸	۰	۰	۰	۰
۷۷	۸	۶	۴	۴	۰	۰	۰	۰
۷۸	۳۵۳	۳۸۶	۴۸۴	۵۷۵	۴۳۵	۴۶۵	۴۹۸	۵۳۳

ناحیه ترافیکی	تعداد دانشجو در محل سکونت				تعداد دانشجو در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۷۹	۳۱۴	۲۹۸	۳۰۸	۳۴۴	۰	۰	۰	۰
۸۰	۳۵۴	۳۳۲	۳۲۱	۳۲۴	۰	۰	۰	۰
۸۱	۴۰۸	۳۸۳	۳۷۰	۳۷۴	۰	۰	۰	۰
۸۲	۴۶	۴۳	۴۲	۴۲	۰	۰	۰	۰
۸۳	۱۹	۱۸	۱۷	۱۷	۰	۰	۰	۰
۸۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸۵	۲۰۲	۱۹۰	۱۸۳	۱۸۵	۰	۰	۰	۰
۸۶	۱۸	۱۷	۱۶	۱۶	۱۳۱۶۹	۱۴۰۹۸	۱۵۰۹۳	۱۶۱۵۹
۸۷	۴۱۵	۳۸۹	۳۷۵	۳۸۰	۰	۰	۰	۰
۸۸	۳۱۱	۲۹۲	۲۸۱	۲۸۴	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۸۹	۳۹۷	۳۷۲	۳۵۹	۳۶۳	۰	۰	۰	۰
۹۰	۴۱۹	۳۹۳	۳۷۹	۳۸۳	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۹۱	۵۰۳	۴۷۱	۴۵۴	۴۵۹	۰	۰	۰	۰
۹۲	۲۴۸	۲۳۲	۲۲۴	۲۲۶	۰	۰	۰	۰
۹۳	۵۰۶	۵۲۴	۵۰۹	۵۱۴	۰	۰	۰	۰
۹۴	۵۴۹	۵۶۸	۵۵۲	۵۵۸	۰	۰	۰	۰
۹۵	۵	۲۷	۷۱	۱۰۹	۰	۰	۰	۰
۹۶	۲۸۰	۲۸۸	۲۸۰	۲۸۳	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۹۷	۹	۵۰	۹۰	۱۰۳	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۹۸	۳۱۹	۳۱۰	۳۰۰	۳۰۳	۹۷۴۳	۱۰۴۳۰	۱۱۱۶۷	۱۱۹۵۵
۹۹	۲۹۵	۲۷۷	۲۶۷	۲۷۰	۰	۰	۰	۰
۱۰۰	۲۸	۱۵۵	۴۰۱	۶۳۱	۰	۰	۰	۰
۱۰۱	۰	۰	۰	۰	۱۵۱۸	۱۶۲۵	۱۷۴۰	۱۸۶۲
۱۰۲	۲۰۶	۱۹۳	۱۸۶	۱۸۸	۰	۰	۰	۰
۱۰۳	۸۰۳	۷۸۹	۷۶۴	۷۷۲	۰	۰	۰	۰
۱۰۴	۴	۲۱	۵۵	۶۷	۰	۰	۰	۰
۱۰۵	۱۰۸	۳۰۰	۳۴۳	۳۶۳	۰	۰	۰	۰
۱۰۶	۷۶۷	۹۰۷	۱۱۹۵	۱۲۹۸	۰	۰	۰	۰
۱۰۷	۶۲۱	۱۱۹۸	۱۴۹۲	۲۱۰۲	۰	۰	۰	۰
۱۰۸	۱۴۴	۳۶۹	۴۵۹	۴۸۶	۰	۰	۰	۰
۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۱۱۰۱۹	۱۱۷۹۷	۱۲۶۳۰	۱۳۵۲۲
۱۱۰	۳۷۱	۴۲۲	۴۷۵	۴۹۱	۰	۰	۰	۰

ناحیه ترافیکی	تعداد دانشجو در محل سکونت				تعداد دانشجو در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۱۱	۳۸	۴۰	۴۴	۴۵	۰	۰	۰	۰
۱۱۲	۲۳	۱۲۶	۶۹۳	۹۰۱	۰	۰	۰	۰
۱۱۳	۱۵۶	۱۱۹	۹۵	۷۴	۰	۰	۰	۰
۱۱۴	۴۲۶	۴۴۴	۴۸۲	۴۹۴	۰	۰	۰	۰
۱۱۵	۲۸۰	۲۹۲	۳۱۷	۳۲۵	۰	۰	۰	۰
۱۱۶	۱۰۷	۱۲۲	۱۳۷	۱۴۲	۰	۰	۰	۰
۱۱۷	۳۶۸	۳۰۱	۲۴۸	۱۹۵	۰	۰	۰	۰
۱۱۸	۳۵۰	۲۷۷	۲۲۸	۱۷۹	۲۱۷	۲۳۳	۲۴۹	۲۶۷
۱۱۹	۲۸۳	۲۹۳	۳۱۷	۳۲۳	۰	۰	۰	۰
۱۲۰	۳۳۷	۲۶۶	۲۱۹	۱۷۲	۰	۰	۰	۰
۱۲۱	۳۸۴	۴۱۲	۴۵۳	۴۶۵	۰	۰	۰	۰
۱۲۲	۳۷۲	۳۴۳	۲۹۰	۲۳۱	۰	۰	۰	۰
۱۲۳	۱۶۱	۱۵۳	۱۴۳	۱۲۷	۰	۰	۰	۰
۱۲۴	۳۶۴	۲۹۸	۲۴۶	۱۹۳	۰	۰	۰	۰
۱۲۵	۲۷۳	۲۸۷	۳۱۲	۳۲۰	۰	۰	۰	۰
۱۲۶	۱۸۵	۱۴۲	۱۱۳	۸۹	۰	۰	۰	۰
۱۲۷	۲۵۷	۲۸۳	۳۱۴	۳۲۴	۰	۰	۰	۰
۱۲۸	۱۸۶	۱۸۱	۱۵۷	۱۲۳	۰	۰	۰	۰
۱۲۹	۱۲۹	۹۹	۷۹	۶۲	۰	۰	۰	۰
۱۳۰	۲۹۸	۳۹۸	۴۶۱	۵۲۸	۰	۰	۰	۰
۱۳۱	۴۳۴	۵۳۵	۸۳۱	۱۰۲۴	۰	۰	۰	۰
۱۳۲	۸۱	۷۶	۸۱	۹۲	۰	۰	۰	۰
۱۳۳	۳۹۵	۳۳۰	۲۷۰	۲۳۶	۰	۰	۰	۰
۱۳۴	۲۰۹	۲۲۱	۲۷۸	۴۱۳	۰	۰	۰	۰
۱۳۵	۲۹۹	۲۶۷	۲۳۸	۲۲۶	۰	۰	۰	۰
۱۳۶	۳۲۲	۲۹۹	۳۱۳	۳۴۷	۰	۰	۰	۰
۱۳۷	۱۷۹	۱۶۸	۱۴۴	۱۲۶	۰	۰	۰	۰
۱۳۸	۱۵۶	۱۷۶	۲۶۰	۳۰۰	۰	۰	۰	۰
۱۳۹	۱۴۹	۲۳۳	۲۵۱	۲۸۷	۰	۰	۰	۰
۱۴۰	۱۲۷	۱۵۷	۲۴۸	۴۳۰	۰	۰	۰	۰
۱۴۱	۲۶۵	۲۴۸	۲۶۲	۲۹۲	۰	۰	۰	۰
۱۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

ناحیه ترافیکی	تعداد دانشجو در محل سکونت				تعداد دانشجو در محل تحصیل			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۴۳	۲۲۱	۲۴۳	۲۶۸	۳۵۴	۰	۰	۰	۰
۱۴۴	۱۵۶	۱۴۵	۱۵۲	۱۳۳	۰	۰	۰	۰
۱۴۵	۹۶	۱۳۵	۲۲۸	۳۰۶	۰	۰	۰	۰
۱۴۶	۴۵۲	۴۵۰	۴۸۵	۵۵۵	۰	۰	۰	۰
۱۴۷	۳۵۳	۳۰۴	۲۹۴	۲۵۸	۰	۰	۰	۰
۱۴۸	۲۳۳	۲۶۰	۲۹۹	۴۱۶	۰	۰	۰	۰
۱۴۹	۱۴۱	۲۰۵	۳۴۸	۶۰۶	۰	۰	۰	۰
۱۵۰	۵۷۴	۵۵۱	۵۹۴	۶۸۰	۰	۰	۰	۰
۱۵۱	۴۵۱	۴۶۲	۵۴۸	۷۴۷	۰	۰	۰	۰
۱۵۲	۴۰۷	۳۹۰	۴۲۱	۴۸۱	۰	۰	۰	۰
۱۵۳	۱	۵	۸	۳۰	۰	۰	۰	۰
۱۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۵۵	۲۴۹	۲۹۱	۳۱۴	۳۶۰	۰	۰	۰	۰

۳-۲- ساخت مدل‌های برآورد تقاضا

۱-۲-۳- دسته‌بندی اهداف سفر اصلی برای ساخت مدل‌های برآورد تقاضا

در فرآیند کلاسیک برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، گام‌های ایجاد سفر و توزیع سفر نقشی بنیادین در صحت‌سنجی مدل و قابلیت اطمینان نتایج ایفا می‌کنند. یکی از چالش‌های اصلی در این مراحل، انتخاب رویکرد مناسب برای تعریف انتهای سفرهاست. در ادبیات فنی مهندسی ترافیک، دو رویکرد مسلط وجود دارد: رویکرد مبدا-مقصد (Origin-Destination یا OD) و رویکرد تولید-جذب (Production-Attraction یا PA).

اگرچه در نگاه نخست ممکن است این دو مفهوم هم‌پوشانی داشته باشند، اما تمایز ماهوی میان آن‌ها، به‌ویژه در مدل‌سازی‌های تقاضای سفر شهری که بر پایه رفتار خانوار شکل می‌گیرد، بسیار حائز اهمیت است. بر اساس ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور (راهنمای مطالعات حمل‌ونقل همگانی)، استفاده از رویکرد PA در مراحل اولیه مدل‌سازی (ایجاد و توزیع) توصیه شده و ارجح دانسته شده است. این بخش از گزارش به بررسی دقیق فنی، ریاضی و اجرایی این دو ماتریس، نحوه تبدیل آن‌ها به یکدیگر و جایگاه سفرهای غیرخانه‌مبنا (Non-Home Based) می‌پردازد.

برای درک صحیح مدل‌سازی، ابتدا لازم است تعاریف استاندارد ارائه گردد. تفاوت اصلی میان OD و PA در جهت و ماهیت کاربری زمین نهفته است.

در ماتریس OD، تعریف سفر صرفاً بر اساس حرکت فیزیکی است:

- مبدا (Origin): نقطه‌ای که سفر از آنجا آغاز می‌شود.
- مقصد (Destination): نقطه‌ای که سفر در آنجا پایان می‌یابد.

در این رویکرد، جهت حرکت پارامتر اصلی است. برای مثال، سفر صبحگاهی یک کارمند از خانه به محل کار، دارای مبدأ «خانه» و مقصد «کار» است. سفر عصرگاهی همان فرد از محل کار به خانه، دارای مبدأ «کار» و مقصد «خانه» است. بنابراین ماتریس OD به شدت وابسته به زمان روز[۱] است.

در رویکرد PA، تعریف سفر بر اساس کاربری زمین و تولیدکنندگی سفر است، نه صرفاً جهت حرکت:

تولید (Production): سمتی از سفر که در آن تصمیم‌گیری برای انجام سفر صورت می‌گیرد یا سمتی که کاربری مسکونی دارد. در اکثر مدل‌ها، خانه همواره تولیدکننده سفر است، چه سفر از خانه شروع شود و چه به خانه ختم شود.

[۱] Time of Day

جذب (Attraction): سمتی از سفر که هدف سفر (مانند کار، تحصیل، خرید) در آن قرار دارد.

طبق این تعریف، سفر صبحگاهی (خانه به کار) دارای تولید در «خانه» و جذب در «کار» است. نکته کلیدی اینجاست که سفر بازگشت (کار به خانه) نیز همچنان دارای تولید در «خانه» و جذب در «کار» تلقی می‌شود. این ثبات در تعریف، امکان مدل‌سازی رفتاری را فراهم می‌آورد.

چرا ضابطه ۸۰۱ و مراجع معتبر علمی (مانند Ortúzar و Willumsen) بر استفاده از روش PA تأکید دارند؟ پاسخ در «رفتارشناسی سفر» و «پایداری آماری» نهفته است.

- ✓ **همبستگی با متغیرهای اجتماعی-اقتصادی**: مدل‌های تولید سفر بر اساس رگرسیون یا تحلیل‌های طبقه‌بندی متقاطع ساخته می‌شوند. متغیرهای مستقل در این مدل‌ها معمولاً شامل «بعد خانوار»، «مالکیت خودرو»، «درآمد» و «تراکم مسکونی» هستند. این ویژگی‌ها مختص محل سکونت (تولید) هستند. اگر از رویکرد OD استفاده شود، در سفر بازگشت (کار به خانه)، مبدأ سفر «محل کار» خواهد بود. محل کار هیچ اطلاعاتی از ویژگی‌های خانوار (مثل تعداد خودرو یا درآمد) ندارد. بنابراین، مدل‌سازی سفر بازگشت بر اساس ویژگی‌های مبدأ (محل کار) از نظر آماری ضعیف و بی‌معنی خواهد بود. رویکرد PA با گره زدن هر دو سر سفر (رفت و برگشت) به ویژگی‌های خانوار در زون تولید، دقت مدل را تضمین می‌کند.
- ✓ **پایداری در طول شبانه‌روز**: ماتریس‌های PA معمولاً برای یک دوره ۲۴ ساعته ساخته می‌شوند. در یک چرخه کامل شبانه‌روز، فرض بر این است که هر فردی که از خانه خارج می‌شود، نهایتاً به خانه باز می‌گردد (تساوی تعداد سفرهای رفت و برگشت). این ویژگی باعث می‌شود ماتریس PA متقارن یا قابل تبدیل به فرمت‌های پایدار باشد، در حالی که ماتریس OD در ساعات اوج صبح و عصر کاملاً نامتقارن است.

در ماتریس‌های PA، سفرها به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند که درک آن‌ها برای تبدیل صحیح به OD حیاتی است:

- سفرهای خانه‌مبنا - کار یا تحصیل (HBW - Home Based Work or HBE): سفرهایی که یک سر آن‌ها خانه و سر دیگر محل کار یا تحصیل است.
- سفرهای خانه‌مبنا - سایر (HBO - Home Based Other): سفرهایی که یک سر آن‌ها خانه و سر دیگر مقاصدی مثل خرید، تفریح یا زیارت است.
- سفرهای غیرخانه‌مبنا (NHB - Non-Home Based): سفرهایی که هیچ‌یک از دو سر آن‌ها خانه نیست (مثلاً حرکت از محل کار به رستوران برای ناهار و بازگشت به کار).

سؤالی که در اینجا مطرح می‌شود این است: در سفرهای NHB که «خانه» وجود ندارد، کدام سر تولید و کدام سر جذب است؟ بر اساس استانداردهای مهندسی و ضابطه ۸۰۱:

در سفرهای NHB:

- مبدا به عنوان تولید در نظر گرفته می‌شود.
- مقصد به عنوان جذب در نظر گرفته می‌شود.

دلیل این امر آن است که تصمیم‌گیری برای این سفرها معمولاً در همان محل مبدأ (مثلاً محل کار) گرفته می‌شود. نکته مهم در مدل‌سازی این است که حجم کل سفرهای NHB نیز تابعی از ویژگی‌های خانوار است، اما توزیع مکانی آن‌ها به ویژگی‌های کاربری‌های غیرمسکونی در زون‌های میانی وابسته است.

یکی از حیاتی‌ترین قسمت‌های این بخش از گزارش، تشریح فرآیند ریاضی تبدیل این دو ماتریس به یکدیگر است. در مدل‌سازی ۲۴ ساعته، فرض می‌شود تعداد سفرهای رفت از خانه به مقصد j برابر با تعداد سفرهای برگشت از مقصد j به خانه است. از آنجا که تخصیص ترافیک معمولاً برای ساعات اوج (مثلاً صبح ۷ تا ۸) انجام می‌شود، تبدیل ماتریس ۲۴ ساعته PA به ماتریس OD ساعت اوج نیازمند ضرایب زمانی و ضرایب جهت است. برای هر هدف سفر k (مثلاً کار، تحصیل)، رابطه زیر برقرار است:

$$T_{ij}^{OD,Peak} = \sum_{k} \left(T_{ij,k}^{PA} \times P_{k,dir} \times H_k\right) + \left(T_{ji,k}^{PA} \times \left(۱ - P_{k,dir}\right) \times H_k\right)$$

$T_{ij,k}^{PA}$: تعداد سفرهای تولید و جذب بین i و j با هدف k

H_k : سهم ساعت اوج برای هدف k (مثلاً ۱۰٪ سفرهای کاری در ساعت اوج صبح انجام می‌شوند)

$P_{k,dir}$:ضریب جهت برای هدف k در ساعت اوج

بررسی تجربیات پروژه‌های پیشین (از جمله مطالعات جامع حمل‌ونقل تهران، مشهد و اردبیل) نشان می‌دهد که نادیده گرفتن تفاوت PA و OD منجر به ایجاد خطاهایی در بارگذاری شبکه شود.

خطای رایج: برخی مدل‌سازان، ماتریس OD برداشت شده از آمارگیری‌های مبدا-مقصد (پلاک‌خوانی یا مصاحبه) را مستقیماً وارد مدل جاذبه می‌کنند.

پیامد: از آنجا که مدل گرانشی بر اساس فاصله یا هزینه سفر عمل می‌کند، استفاده از OD باعث می‌شود کشش بین زون‌ها به درستی کالیبره نشود. در مدل گرانشی باید «جرم» زون‌ها (تولید و جذب) بر اساس پتانسیل واقعی آن‌ها باشد. استفاده از OD باعث می‌شود زون‌های اداری/تجاری که در صبح صرفاً جذب‌کننده هستند، به عنوان تولیدکننده نیز ظاهر شوند که با واقعیت اقتصادی-اجتماعی همخوانی ندارد.

بر اساس تحلیل‌های ارائه شده و با استناد به ضابطه ۸۰۱ و اصول مهندسی ترافیک، نتایج زیر حاصل می‌گردد:

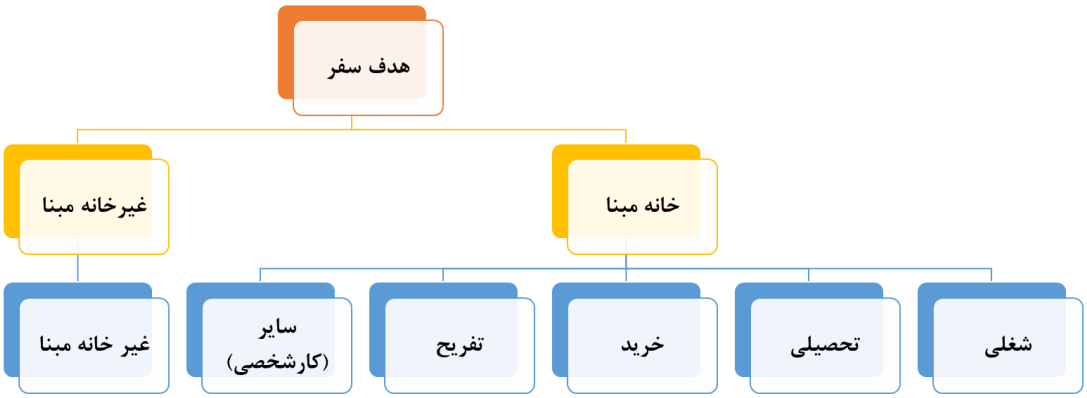
- **توصیه استفاده از PA**: تمامی مراحل مدل‌سازی «تولید سفر» و «توزیع سفر» توصیه می‌گردد، بر مبنای ماتریس PA انجام پذیرد تا ارتباط منطقی با کاربری زمین و ویژگی‌های دموگرافیک حفظ شود.
- **تفکیک اهداف سفر**: تفکیک سفرها به HBW، HBO و NHB برای تبدیل صحیح به OD ضروری است. سفرهای NHB اگرچه سهم کمتری دارند، اما در ساعات غیر اوج و در نواحی تجاری (CBD) نقش مهمی در ترافیک ایفا می‌کنند.
- **تبدیل در مرحله نهایی**: تبدیل PA به OD باید دقیقاً قبل از مرحله «تخصیص ترافیک» و با استفاده از ضرایب دقیق ساعت اوج و جهت‌بندی انجام شود.
- **کالیبراسیون**: در صورتی که ماتریس OD نهایی با شمارش‌های حجم تردد در شبکه همخوانی نداشته باشد، اصلاحات باید (تا حد امکان) در ضرایب تولید و جذب یا توابع اصطکاک مدل توزیع اعمال شود، نه اینکه ماتریس OD به صورت دستی دستکاری گردد، زیرا این کار ساختار رفتاری مدل را تخریب می‌کند.

ضابطه ۸۰۱ توصیه نموده است که مدل‌سازی بر اساس روش تولید-جذب (PA) انجام شود که در این مطالعات نیز این روش مبنای مدل‌سازی بوده است. همچنین بر اساس جدول ۸-۱ ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه بودجه کشور که در ادامه آورده شده است، برای شهر اردبیل که جز شهرهای دسته ب با جمعیت بالای پانصد هزار نفر قرار می‌گیرد، مدلسازی چهار مرحله‌ای کلاسیک برای ۵ هدف سفر شغلی، تحصیلی، خرید، تفریح، شخصی و همچنین سفرهای غیر خانه مبنا انجام می‌گیرد. در این مطالعه مشاور جهت جلوگیری از ابهام نام‌گذاری اهداف سفر به جای هدف سفر شخصی از عنوان سایر استفاده می‌نماید.

جدول ۳-۲۵ : دسته‌بندی اهداف سفر جهت مدلسازی بر اساس ضابطه ۸۰۱

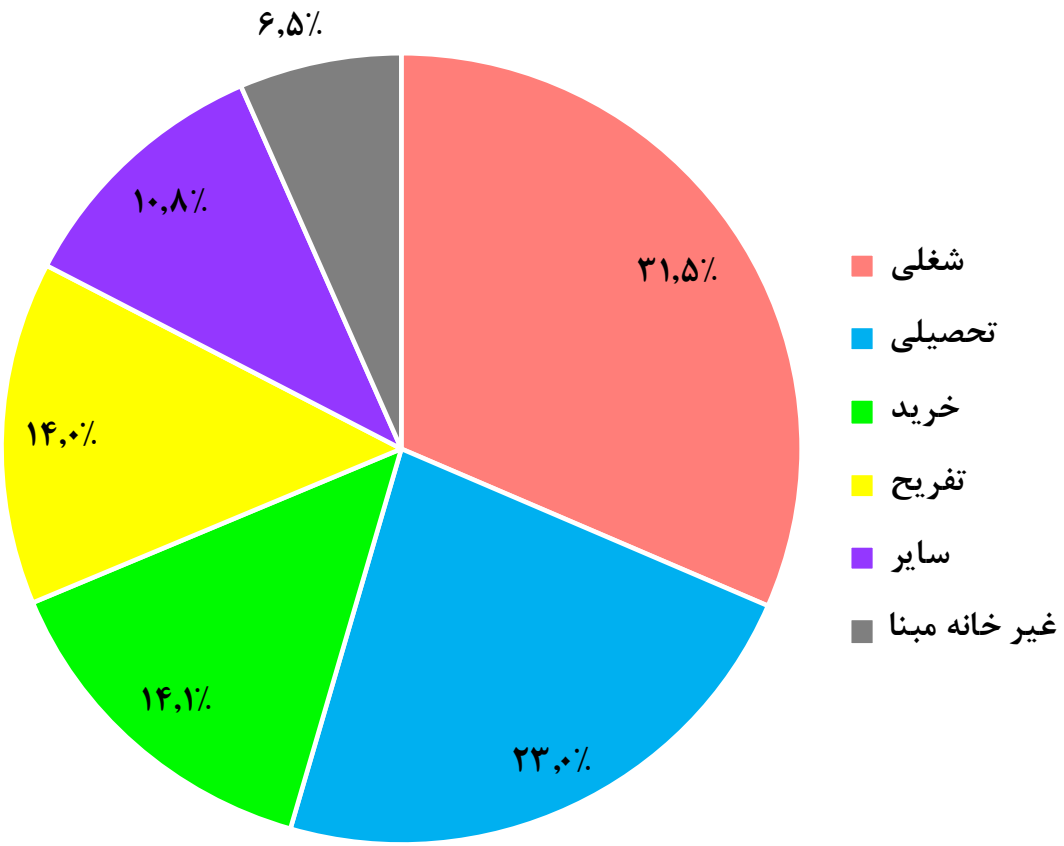
دسته شهر	خانه مبنا						غیرخانه مبنا
	شغلی	تحصیلی	خرید	تفریحی	شخصی	سایر	
الف	الزامی	الزامی	الزامی	الزامی	الزامی	اختیاری	الزامی
ب	الزامی	الزامی	الزامی	اختیاری	اختیاری	الزامی	الزامی
ج	الزامی	الزامی	الزامی	-	-	الزامی	الزامی
د	الزامی	-	-	-	-	الزامی	اختیاری

بر این اساس هدف سفرهای شغلی، تحصیلی، خرید، تفریح (شامل تفریح، زیارت، ورزش و دیدار نزدیکان)، سایر (شامل پزشکی، رساندن، مراجعه به ادارات و سایر) و همچنین سفرهای غیر خانه مبنا برای مدل‌سازی مطالعات جامع حمل و نقل شهری و حومه اردبیل مورد استفاده قرار گرفته‌اند.



شکل ۳-۳۰ : اهداف سفر مورد استفاده در مطالعات جامع حمل و نقل شهری و حومه اردبیل

سهم هر یک از اهداف سفر تعیین شده در ادامه آورده شده است. که بر این اساس مشخص می‌گردد بیشترین هدف، هدف سفر شغلی با ۳۱/۵ درصد است در حالی که سهم سفرهای غیرخانه مبنا حدود ۶/۵ درصد برآورد شده است.



شکل ۳-۳۱ : سهم اهداف مختلف سفر در مطالعات جامع حمل و نقل شهری و حومه اردبیل

۲-۲-۳- تولید و جذب سفر

برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری در دهه‌های اخیر از یک فرآیند ساده مهندسی به یک حوزه چندرشته‌ای پیچیده تبدیل شده است که نیازمند درک عمیقی از تعاملات میان کاربری زمین، فعالیت‌های اقتصادی-اجتماعی و تقاضای جابه‌جایی است. در کانون این حوزه، مدل کلاسیک چهار مرحله‌ای قرار دارد که علی‌رغم معرفی روش‌های نوین مانند مدل‌های فعالیت-مبنا، همچنان به عنوان چارچوب اصلی در مطالعات جامع حمل و نقل بسیاری از کلان‌شهرهای جهان و ایران، از جمله اردبیل، مورد استفاده قرار می‌گیرد. گام نخست این فرآیند، یعنی ایجاد سفر، نقشی بنیادین در کل فرآیند مدل‌سازی ایفا می‌کند، چرا که هرگونه تخمین نادرست در این مرحله، به صورت زنجیره‌ای به مراحل توزیع سفر، انتخاب وسیله و تخصیص ترافیک سرایت کرده و دقت کل مدل را با چالش جدی مواجه می‌سازد. برای کلان‌شهری مانند اردبیل که با چالش‌هایی نظیر ساختار فضایی تک‌هسته‌ای، تراکم بالای هسته مرکزی و گسترش سریع مناطق حومه‌ای و سکونتگاه‌های غیررسمی روبرو است، توسعه مدل‌های ایجاد سفر دقیق که توانایی تبیین واقعیات رفتاری شهروندان را داشته باشند، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

ایجاد سفر فرآیندی است که در آن تعداد کل سرهای سفر تولید شده در یک ناحیه یا جذب شده به آن ناحیه برای یک دوره زمانی مشخص، معمولاً یک روز کاری متوسط، برآورد می‌شود. در ادبیات تخصصی برنامه‌ریزی حمل و نقل، تمایز میان مفاهیم تولید-جذب و مبدأ-مقصد یکی از نکات کلیدی است که در مدل‌سازی ایجاد سفر باید به دقت رعایت شود. در حالی که مبدأ و مقصد صرفاً جهت حرکت را نشان می‌دهند، مفاهیم تولید و جذب با نوع کاربری زمین و ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی گره خورده‌اند. به طور قراردادی، در سفرهای خانه-مبنا، سر سفر که در سمت خانه قرار دارد همواره به عنوان "تولید" شناخته می‌شود، حتی اگر سفر در مسیر بازگشت به خانه باشد. در مقابل، سمت دیگر سفر که فعالیت اصلی در آن انجام می‌شود (مانند محل کار یا مدرسه)، "جذب" نامیده می‌شود. این تفکیک به مدل‌ساز اجازه می‌دهد تا تولید سفر را به ویژگی‌های خانوار و جذب سفر را به ویژگی‌های مقصد مانند سطح زیربنای تجاری یا تعداد فرصت‌های شغلی مرتبط سازد.

تفکیک سفرها بر اساس هدف، مرحله دیگری از ارتقای دقت در این گام است. الگوهای رفتاری افراد برای رفتن به محل کار تفاوت‌های ساختاری با الگوهای سفر برای خرید یا تفریح دارد. سفرها معمولاً به دسته‌های خانه-مبنای کاری (HBW)، خانه-مبنای آموزشی (HBE)، خانه-مبنای خرید (HBS) و غیره تقسیم می‌شوند. همچنین سفرهایی که هیچ یک از سرهای آن‌ها در خانه نیست، تحت عنوان غیرخانه-مبنا (NHB) دسته‌بندی می‌گردند. در کلان‌شهر اردبیل، به دلیل تمرکز مراکز آموزشی و اداری در بافت مرکزی، سفرهای آموزشی و کاری سهم قابل توجهی از جریان ترافیک ساعات peak را به خود اختصاص می‌دهند.

برنامه‌ریزان حمل و نقل از طیف متنوعی از روش‌های آماری و ریاضی برای تخمین ایجاد سفر استفاده می‌کنند. انتخاب میان این روش‌ها تابعی از داده‌های در دسترس، بودجه مطالعاتی و نیاز به تحلیل سیاست‌های مدیریتی است.

روش فاکتور رشد[۱]: این روش که در سال‌های اولیه برنامه‌ریزی حمل و نقل کاربرد وسیعی داشت، بر این فرض استوار است که سفرهای آینده صرفاً تابعی از رشد فعالیت‌ها در نواحی ترافیکی است، بدون اینکه ماهیت رابطه بین متغیرها تغییر کند. فرمول کلی آن به صورت $T_i = f_i \times t_i$ است که در آن T_i سفرهای آینده، t_i سفرهای کنونی و f_i ضریب رشد ناحیه i است. اگرچه این روش به دلیل سادگی در برآوردهای سریع و کوتاه‌مدت مفید است، اما ناتوانی آن در تحلیل اثرات تغییر کاربری زمین و بهبودهای زیرساختی، استفاده از آن را در مطالعات جامع اردبیل به موارد خاص و نواحی با ثبات بالا محدود کرده است.

تحلیل طبقه‌بندی متقاطع[۲]: این روش که با نام تحلیل رده‌ای[۳] نیز شناخته می‌شود، تولید سفر را به عنوان میانگین نرخ سفر در گروه‌های همگن از خانوارها تعریف می‌کند. در این رویکرد، خانوارها بر اساس دو یا چند متغیر کلیدی (مثلاً ترکیب بعد خانوار و تعداد خودرو) دسته‌بندی می‌شوند و میانگین سفرهای مشاهده شده برای هر رده در سلول‌های یک ماتریس ثبت می‌گردد. مزیت بارز این روش، توانایی آن در مدل‌سازی روابط غیرخطی و اثرات متقابل متغیرها بدون نیاز به فرضیات پیچیده ریاضی است. با این حال، به دلیل اینکه این روش برای هر سلول نیازمند حجم نمونه کافی (معمولاً حداقل ۲۵ تا ۳۰ خانوار) است، هزینه آماربرداری را به شدت افزایش می‌دهد. همچنین، این مدل فاقد شاخص‌های برازش آماری مستقیم برای ارزیابی دقت کلی است. در اردبیل، از این روش معمولاً برای راستی‌آزمایی خروجی مدل‌های رگرسیونی و تحلیل رفتار گروه‌های خاص درآمدی استفاده می‌شود.

مدل‌های رگرسیون خطی[۴]: رگرسیون خطی، به ویژه با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS)، متداول‌ترین ابزار برای برآورد نرخ ایجاد سفر در مطالعات جامع ایران است. این مدل‌ها به دنبال ایجاد یک رابطه خطی میان تعداد سفرها و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل توضیحی هستند. رگرسیون می‌تواند در دو سطح همفزون[۵] که در آن داده‌های میانگین نواحی ملاک است، و ناهمفزون[۶] که در آن واحد تحلیل خانوار یا فرد است، اجرا شود. مطالعات آماری در ایران و جهان نشان داده است که مدل‌های ناهمفزون دقت بالاتری دارند زیرا از پدیده خطای اکولوژیک که در آن تفاوت‌های درون‌ناحیه‌ای نادیده گرفته می‌شود، جلوگیری می‌کنند. در جدول زیر می‌توان مدل رگرسیون خطی و تحلیل طبقه‌بندی متقاطع را با یک‌دیگر مقایسه نمود.

---

۱ Growth Factor Method
۲ Cross-Classification Analysis
۳ Category Analysis
۴ Linear Regression Models
۵ Aggregate
۶ Disaggregate

جدول ۳-۲۶ : مقایسه مدل‌های رگرسیون خطی و تحلیل طبقه‌بندی متقاطع

معیار مقایسه	مدل رگرسیون (OLS)	تحلیل طبقه‌بندی متقاطع
پیچیدگی ریاضی	متوسط تا بالا	پایین و بصری
حساسیت به داده‌های پرت	زیاد	کم
ارائه شاخص معناداری	بله (آزمون‌های t و F)	خیر
قابلیت برون‌یابی	دارد (با رعایت احتیاط)	ندارد
فرض خطی بودن	اجباری است	لازم نیست

۱-۲-۳- مدل‌های رگرسیون خطی حداقل مربعات معمولی

در قلمرو پیچیده و چندلایه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و اقتصادسنجی، مدل‌های کمی نه تنها ابزاری برای پیش‌بینی، بلکه زبانی برای تبیین واقعیت‌های رفتاری انسان‌ها در بستر فضا و زمان هستند. هنگامی که یک برنامه‌ریز حمل‌ونقل با حجم عظیمی از داده‌های ماتریس مبدأ-مقصد، ویژگی‌های دموگرافیک خانوارها و پارامترهای شبکه مواجه می‌شود، نیازمند چارچوبی استوار است تا بتواند از دل این آشوب ظاهری، الگوهای منظم و قابل اتکا استخراج کند. در این میان، روش حداقل مربعات معمولی[۱] به عنوان سنگ بنای تحلیل‌های رگرسیون کلاسیک، نقشی بی‌بدیل ایفا می‌کند. اگرچه در دهه‌های اخیر روش‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی عمیق توسعه یافته‌اند، اما OLS به دلیل برخورداری از پشتوانه نظری مستحکم، شفافیت در تفسیر پذیری و قابلیت آزمون‌پیذیری دقیق فرضیات، همچنان ابزار استاندارد طلایی در مدل‌سازی تقاضای سفر، توابع هزینه و تحلیل‌های اثرسنجی سیاست‌ها محسوب می‌شود.

این بخش از گزارش با هدف ارائه یک مرجع جامع، به کالبدشکافی دقیق مدل‌های رگرسیون خطی می‌پردازد. ما در این نوشتار از سطح تعاریف مقدماتی عبور کرده و وارد عمق روابط ریاضی، جبر ماتریسی و قضایای اثباتی می‌شود که اعتبار استنتاج‌های آماری را تضمین می‌کنند. تمرکز این بخش بر تشریح دقیق فرآیند برازش مدل، سنجش معناداری آماری، واکاوی شاخص‌های ارزیابی نظیر R^2 و R^2 تعدیل‌شده، و همچنین بررسی انتقادی شاخص‌هایی مانند ROC و AUC در بستر رگرسیون خطی خواهد بود. علاوه بر این، فروض کلاسیک مدل رگرسیون خطی (CLRM) و آزمون‌های تشخیصی پیشرفته نظیر بروش-پاگان[۲]، جارک-برا[۳] و تحلیل گشتاورهای توزیع خطا (چولگی و کشیدگی) با جزئیات کامل مورد بحث قرار خواهند گرفت. در نهایت، مفهوم بنیادین BLUE (بهترین برآوردگر خطی بدون تورش[۴]) که توسط قضیه گوس-مارکوف تضمین شده است، به زبان ریاضی اثبات و تفسیر خواهد شد.

---

[۱] Ordinary Least Squares - OLS
[۲] Breusch-Pagan
[۳] Jarque-Bera
[۴] Best Linear Unbiased Estimator

تحلیل‌گران حمل‌ونقل در گام نخست مدل‌های چهارمرحله‌ای، یعنی مرحله «تولید سفر[۱]»، به طور گسترده از رگرسیون OLS استفاده می‌کنند تا رابطه میان متغیرهای توضیحی (مانند درآمد خانوار، بُعد خانوار، و مالکیت خودرو) و متغیر وابسته (تعداد سفرهای تولید شده) را کمی‌سازی کنند. درک عمیق مکانیسم‌های زیربنایی این روش، شرط لازم برای اجتناب از خطاهای رایج نظیر رگرسیون کاذب[۲] و استنتاج‌های نادرست سیاستی است. این گزارش تلاش دارد تا با تلفیق مبانی نظری اقتصادسنجی و کاربردهای مهندسی، دیدگاهی جامع و عملیاتی به متخصصان این حوزه ارائه دهد.

برای درک عمیق مکانیسم عملکرد OLS و خروج از محدودیت‌های فرمول‌بندی اسکالر، ضروری است که ساختار مدل را در قالب جبر ماتریسی تبیین گردد. این رویکرد نه تنها محاسبات را فشرده و منسجم می‌سازد، بلکه امکان اثبات ویژگی‌های آماری برآوردگرها را نیز فراهم می‌آورد.

چنانچه مجموعه‌ای از n مشاهده برای یک متغیر وابسته Y و k متغیر مستقل (توضیحی) X وجود داشته باشد، مدل رگرسیون خطی چندگانه برای مشاهده i-ام به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_n x_{in} + u_i \;; i = 1,2,\ldots,n$$

در این رابطه، y_i مقدار مشاهده شده متغیر وابسته (مثلاً تعداد سفر جذب شده شغلی به ناحیه i)، x_{ij} مقدار j-ام متغیر مستقل برای مشاهده i (مثلاً مساحت کاربری تجاری در ناحیه)، β_j ضرایب مجهول پارامترهای جامعه، و u_i جمله خطا یا اخلال[۳] است که اثرات عوامل مشاهده نشده و تصادفی را نشان می‌دهد.

در نمادگذاری ماتریسی، این سیستم معادلات به صورت فشرده زیر بیان می‌شود:

$$Y = X\beta + u$$

که در آن:

- Y یک بردار ستونی n در یک شامل مشاهدات متغیر وابسته است.
- X یک ماتریس n در k+۱ شامل مقادیر متغیرهای مستقل است. ستون اول این ماتریس معمولاً شامل عدد ۱ است تا عرض از مبدأ β_0 را در مدل لحاظ کند.
- β یک بردار ستونی n در k+۱ شامل ضرایب پارامترهاست.
- u یک بردار ستونی n در یک شامل جملات خطاست.

[۱] Trip Generation
[۲] Spurious Regression
[۳] Disturbance Term

هدف روش OLS، یافتن برداری از تخمین‌گرها ($\hat{\beta}$) است که مجموع مربعات پسماندها[۱] را حداقل کند. پسماندها (e) تفاوت بین مقادیر واقعی مشاهده شده و مقادیر برازش شده توسط مدل هستند:

$$e = Y - \hat{Y} = Y - X\hat{\beta}$$

تابع هدف[۲] که باید مینیمم شود، فرم درجه دوم زیر است:

$$RSS(\hat{\beta}) = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = e'e = (Y - X\hat{\beta})'(Y - X\hat{\beta})$$

با بسط رابطه فوق و استفاده از ویژگی‌های ترانهاده ماتریس ($A'B = B'A$ برای اسکالرها)، رابطه زیر بدست می‌آید:

$$RSS = Y'Y - 2\hat{\beta}'X'Y + \hat{\beta}'X'X\hat{\beta}$$

رای یافتن نقطه اکسترمم (حداقل)، باید از تابع فوق نسبت به بردار $\hat{\beta}$ مشتق گرفته و آن را برابر با بردار صفر قرار داد (شرط مرتبه اول):

$$\frac{\partial RSS}{\partial \hat{\beta}} = -2X'Y + 2(X'X)\hat{\beta} = 0$$

این معادله به معادله نرمال[۳] معروف است:

$$(X'X)\hat{\beta} = X'Y$$

اگر ماتریس $X'X$ معکوس‌پذیر باشد (که شرط آن عدم وجود هم‌خطی کامل[۴] بین متغیرهای مستقل است)، برآوردگر OLS به صورت یکتا به دست می‌آید:

$$\hat{\beta}_{OLS} = (X'X)^{-1}X'Y$$

این فرمول، جوهره محاسباتی تمام نرم‌افزارهای آماری و اقتصادسنجی نظیر Stata، SPSS، EViews و کتابخانه‌های Python مانند Statsmodels است.

یکی از مفاهیم بسیار مهم در جبر خطی رگرسیون، ماتریس H یا Hat Matrix است. این ماتریس مقادیر مشاهده شده Y را به مقادیر برازش شده $\hat{Y}$ تبدیل می‌کند (یا به اصطلاح کلاه بر سر Y می‌گذارد):

$$\hat{Y} = X\hat{\beta} = X(X'X)^{-1}X'Y = HY \; ; H = (X'X)^{-1}X'Y$$

---

۱ Residual Sum of Squares - RSS
۲ Objective Function
۳ Normal Equation
۴ Perfect Multicollinearity

ماتریس H یک ماتریس متقارن و ایدمپوتنت[۱] است، به این معنی که $H^2 = H$. از منظر هندسی، OLS بردار Y (که در فضای n-بعدی قرار دارد) را به صورت عمودی[۲] بر فضای زیرین تولید شده توسط ستون‌های ماتریس X تصویر می‌کند. بردار پسماند e نیز متعامد بر فضای متغیرهای مستقل است ($X'e = 0$). این ویژگی تعامد، اساس تجزیه واریانس و محاسبه R^2 است.

اعتبار برآوردگرهای OLS و قابلیت اعتماد به آزمون‌های آماری، کاملاً وابسته به مجموعه‌ای از فروض بنیادین است که تحت عنوان فروض کلاسیک مدل رگرسیون خطی شناخته می‌شوند. نقض هر یک از این فروض، تبعات خاصی برای ویژگی‌های آماری مدل (مانند تورش یا ناکارایی) به همراه دارد.

فرض اول. خطی بودن پارامترها[۳]: مدل رگرسیون باید نسبت به پارامترهای β خطی باشد. این بدان معناست که متغیر وابسته تابعی خطی از ضرایب است. توجه شود که خود متغیرهای مستقل X می‌توانند غیرخطی باشند (مثلاً می‌توان X^2 یا $\ln(X)$ را وارد مدل نمود)، اما پارامترها نباید توانی غیر از یک داشته باشند.

تبعات نقض: اگر فرم تابعی اشتباه باشد (مثلاً رابطه واقعی نمایی باشد اما خطی برازش شود)، برآوردگرها دچار تورش[۴] خواهند شد و پیش‌بینی‌ها نادرست خواهد بود.

فرض دوم. برون‌زایی صریح[۵]: امید ریاضی جملات خطا به شرط مقادیر متغیرهای مستقل باید صفر باشد: $E[u|X] = 0$ این فرض حیاتی‌ترین فرض برای اثبات عدم تورش است و دلالت بر این دارد که متغیرهای مستقل با جمله خطا همبستگی ندارند ($\text{Cov}(X, u) = 0$).

تبعات نقض: اگر متغیر توضیحی با خطا همبستگی داشته باشد (مثلاً به دلیل حذف یک متغیر مهم یا خطای اندازه‌گیری)، مشکل درون‌زایی[۶] رخ می‌دهد و برآوردگر OLS ناسازگار[۷] خواهد شد.

فرض سوم. عدم هم‌خطی کامل[۸]: ماتریس X باید دارای رتبه ستونی کامل باشد ($\text{Rank}(X) = k+1$). به عبارت دیگر، هیچ یک از متغیرهای مستقل نباید ترکیب خطی دقیقی از سایر متغیرهای مستقل باشند.

---

۱ Idempotent
۲ Orthogonal
۳ Linearity
۴ Bias
۵ Strict Exogeneity
۶ Endogeneity
۷ Inconsistent
۸ No Perfect Multicollinearity

تبعات نقض: اگر هم‌خطی کامل وجود داشته باشد، ماتریس $X'X$ منفرد[۱] شده و دترمینان آن صفر می‌شود، در نتیجه معکوس‌پذیر نخواهد بود و $\hat{\beta}$ قابل محاسبه نیست.

فرض چهارم. همسانی واریانس[۲]: واریانس جملات خطا برای تمام مشاهدات باید عددی ثابت باشد:

$$Var[u|X] = \sigma^2 I$$

در ماتریس کوواریانس خطاها، عناصر قطر اصلی (واریانس‌ها) همگی برابر σ^2 و عناصر غیرقطری (کوواریانس‌ها) همگی صفر هستند.

تبعات نقض: اگر واریانس خطاها متغیر باشد[۳]، برآوردگرهای OLS همچنان بدون تورش هستند، اما دیگر کارا[۴] نیستند و فرمول‌های استاندارد خطای معیار[۵] غلط خواهند بود که منجر به آزمون‌های t و F نامعتبر می‌شود.

فرض پنجم. عدم خودهمبستگی[۶]: جملات خطا نباید با یکدیگر همبستگی داشته باشند: $Cov(u_i,u_j) = 0$ برای i مخالف با j. این فرض در داده‌های سری زمانی اهمیت ویژه‌ای دارد.

تبعات نقض: مشابه ناهمسانی واریانس، وجود خودهمبستگی باعث ناکارایی برآوردگرها و تورش در تخمین واریانس ضرایب می‌شود.

فرض ششم. توزیع نرمال خطاها[۷]: فرض می‌شود که جملات خطا از توزیع نرمال پیروی می‌کنند: $u \sim N(0, \sigma^2 I)$.
این فرض برای اثبات ویژگی‌های نمونه‌ای کوچک[۸] و استخراج توزیع‌های t و F برای آزمون فرضیه لازم است، هرچند برای اثبات ویژگی‌های مجانبی[۹] در نمونه‌های بزرگ ضروری نیست.

یکی از مباحث محوری در تئوری اقتصادسنجی که توجیهی قدرتمند برای استفاده از OLS فراهم می‌کند، قضیه گوس-مارکوف[۱۰] است. این قضیه اثبات می‌کند که تحت فروض کلاسیک (خطی بودن، برون‌زایی، عدم هم‌خطی کامل، همسانی واریانس و عدم خودهمبستگی)، برآوردگر OLS دارای ویژگی BLUE است.

---

۱ Singular
۲ Homoscedasticity
۳ Heteroscedasticity
۴ Efficient
۵ Standard Errors
۶ No Autocorrelation
۷ Normality
۸ Finite Sample Properties
۹ Asymptotic
۱۰ Gauss-Markov Theorem

واژه BLUE مخفف عبارت Best Linear Unbiased Estimator است:

Linear (خطی): برآوردگر تابعی خطی از متغیر وابسته Y است. ($\hat{\beta} = AY$ که در آن $A = (X'X)^{-1}X'$)

Unbiased (بدون تورش): امید ریاضی توزیع نمونه‌گیری برآوردگر برابر با مقدار واقعی پارامتر جامعه است:

$$E[\hat{\beta}] = \beta$$

Best (بهترین): در میان تمامی برآوردگرهای خطی و بدون تورش، OLS دارای کمترین واریانس است. این ویژگی به معنای کارایی است.

پس از برآورد ضرایب، گام بعدی ارزیابی معناداری آماری آن‌هاست. آیا ضرایب به دست آمده ناشی از یک رابطه واقعی هستند یا صرفاً حاصل تصادف نمونه‌گیری؟

تحت فرض نرمال بودن خطاها، برآوردگر $\hat{\beta}$ دارای توزیع نرمال چند متغیره است:

$$\hat{\beta} = N(\beta, \sigma^2(X'X)^{-1})$$

چون واریانس واقعی جامعه (σ^2) نامعلوم است، از تخمین‌گر آن (s^2) استفاده می‌شود:

$$s^2 = \frac{RSS}{n-k-1}$$

این تخمین‌گر واریانس خطاها، برآوردگر بدون تورش σ^2 است.

برای آزمون فرضیه $H0 : \hat{\beta}_j = 0$ (بی‌اثر بودن متغیر j-ام)، از آماره t استفاده می‌شود:

$$t = \frac{\hat{\beta}_j - 0}{se(\hat{\beta}_j)}$$

که در آن $se(\hat{\beta}_j)$ خطای معیار ضریب است (جذر عنصر j-ام روی قطر اصلی ماتریس کوواریانس تخمینی). این آماره از توزیع t-Student با (n-k-1) درجه آزادی پیروی می‌کند. اگر قدر مطلق آماره t محاسبه شده بزرگتر از مقدار بحرانی جدول باشد (یا p-value کمتر از سطح معناداری مثلاً ۰/۰۵ یا ۰/۱ باشد)، فرض صفر رد شده و متغیر معنادار تلقی می‌شود.

برای آزمون فرضیه این که تمام ضرایب شیب (غیر از عرض از مبدأ) همزمان برابر صفر هستند:

$$H0 : \hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_2 = \cdots = \hat{\beta}_n = 0$$

از آزمون F استفاده می‌شود. آماره F نسبت واریانس توضیح داده شده به واریانس توضیح داده نشده است:

$$F = \frac{(TSS - RSS)/k}{RSS/(n-k-1)} = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)}$$

این آماره از توزیع فیشر با درجات آزادی k و (n-k-۱) پیروی می‌کند. مقدار F بزرگ نشان‌دهنده این است که مدل به طور کلی توانایی تبیین تغییرات متغیر وابسته را دارد.

ارزیابی عملکرد مدل برای مقایسه مدل‌های رقیب و اطمینان از کیفیت پیش‌بینی حیاتی است. ضریب تعیین یا شاخص R^2 نسبت تغییرات متغیر وابسته که توسط مدل توضیح داده شده است را نشان می‌دهد:

$$R^2 = \frac{ESS}{TSS} = 1 - \frac{RSS}{TSS}$$

مقدار آن بین ۰ و ۱ است. در مطالعات حمل‌ونقل مقطعی[1]، مقادیر R^2 حدودا بیش از ۰/۶ قابل قبول تلقی می‌شوند، در حالی که در مدل‌های سری زمانی یا مدل‌های ناحیه‌ای، مقادیر بالای ۰/۷ انتظار می‌رود.

نقد R^2: این شاخص تابعی صعودی از تعداد متغیرهای مستقل است. حتی افزودن متغیرهای بی‌ربط باعث افزایش R^2 می‌شود، که می‌تواند گمراه‌کننده باشد.

برای رفع نقیصه R^2، نسخه تعدیل‌شده آن معرفی شده است که جریمه‌ای برای افزودن متغیرهای جدید در نظر می‌گیرد:

$$Adj\ R^2 = 1 - (1 - R^2)\frac{n-1}{n-k-1}$$

این شاخص تنها زمانی افزایش می‌یابد که متغیر جدید افزوده شده، قدرت توضیحی مدل را بیش از حد انتظار تصادفی بهبود بخشد. Adj R^2 می‌تواند منفی باشد و معیار اصلی برای انتخاب بین مدل‌های با تعداد متغیر متفاوت است.

منحنی REC[2]: برای رگرسیون، همتای ROC، منحنی REC است. این منحنی تابع توزیع تجمعی خطاها را رسم می‌کند. محور افقی تولرانس خطا و محور عمودی درصد داده‌هایی که خطای آن‌ها کمتر از تولرانس است را نمایش می‌دهد. سطح زیر این منحنی (یا سطح بالای آن AOC) معیاری برای دقت رگرسیون است.

یک مدل OLS تنها زمانی قابل اعتماد است که از فیلتر آزمون‌های تشخیصی عبور کرده باشد. در این بخش، آزمون‌های تشخیصی با جزئیات فنی بررسی می‌شوند.

[1] Cross-sectional
[2] Regression Error Characteristic

الف. آزمون‌های ناهمسانی واریانس[1]

در داده‌های حمل‌ونقل (مثلاً داده‌های پیمایش مبدأ-مقصد خانوارها)، معمولاً واریانس رفتار سفر در درآمدهای بالا بیشتر از درآمدهای پایین است (ناهمسانی واریانس).

آزمون بروش-پاگان[2]: این آزمون فرض می‌کند که واریانس خطاها (σ_i^2) تابعی خطی از متغیرهای مستقل (X) است:

$$\sigma_i^2 = \alpha_. + \alpha' X_i$$

مراحل اجرای این آزمون به شرح زیر است:

- مدل OLS را اجرا و پسماندها (e_i) را ذخیره کنید.
- یک رگرسیون کمکی اجرا گردد که در آن متغیر وابسته $e_i^2/\hat{\sigma}^2$ و متغیرهای مستقل همان Xهای مدل اصلی هستند.
- آماره آزمون $LM = \frac{1}{2} RSS_{aux}$ (در برخی نسخه‌ها $n \times R_{aux}^2$) دارای توزیع مجانبی χ^2 با درجات آزادی برابر با تعداد متغیرهاست.

نسخه Koenker: نسخه اصلی بروش-پاگان به نرمال بودن خطاها حساس است. نسخه Studentized (پیشنهاد شده توسط Koenker ۱۹۸۱) مقاوم‌تر است و معمولاً در نرم‌افزارها به عنوان پیش‌فرض استفاده می‌شود.

آزمون وایت[3]: آزمونی عمومی‌تر که نیازی به فرض فرم خاص برای ناهمسانی ندارد. در رگرسیون کمکی این آزمون، علاوه بر متغیرهای اصلی، توان‌های دوم و حاصل‌ضرب‌های متقاطع (X_iX_j) نیز وارد می‌شوند. این آزمون قدرتمند است اما درجات آزادی زیادی مصرف می‌کند.

جدول ۳-۲۷ : مقایسه ویژگی‌های آزمون‌های آماری ناهمسانی واریانس

ویژگی	آزمون Breusch-Pagan	آزمون White
فرضیه صفر	واریانس خطا ثابت است (Homoscedasticity)	واریانس خطا ثابت است
حساسیت به فرم	حساس به وابستگی خطی واریانس به X	تشخیص الگوهای غیرخطی و پیچیده
حساسیت به نرمالیتی	زیاد (در نسخه اصلی)	کم (مقاوم‌تر)
مصرف درجه آزادی	کم (فقط متغیرهای اصلی)	زیاد (شامل توان‌ها و تعاملات)
کاربرد توصیه شده	زمانی که حدس می‌زنیم واریانس با X رابطه خطی دارد	زمانی که الگوی ناهمسانی ناشناخته است

[1] Heteroscedasticity Tests
[2] Breusch-Pagan Test
[3] White Test

ب. آزمون نرمال بودن و توزیع خطاها

آزمون جارک-برا[۱]: این آزمون یک آزمون نیکویی برازش است که بررسی می‌کند آیا داده‌ها دارای چولگی[۲] و کشیدگی[۳] منطبق با توزیع نرمال هستند یا خیر.

چولگی (S): معیاری برای عدم تقارن توزیع. برای نرمال S=۰.

کشیدگی (K): معیاری برای ضخامت دم‌های توزیع و تیزی قله. برای نرمال K=۳.

فورمول آماره JB به صورت زیر است:

$$JB = \frac{n}{۶}\left(S^۲ + \frac{۱}{۴}(K-۳)^۲\right)$$

تحت فرضیه صفر (نرمال بودن)، آماره JB از توزیع $\chi^۲$ با ۲ درجه آزادی پیروی می‌کند. مقادیر بزرگ JB و p-value کوچک نشان‌دهنده انحراف از نرمال بودن است.

اهمیت در حمل‌ونقل: وجود داده‌های پرت شدید (مثلا در داده‌های زمان سفر یا جمعیت یا...) می‌تواند کشیدگی را بالا برده و فرض نرمال بودن را رد کند.

پ. آزمون خودهمبستگی[۴]

آماره دوربین-واتسون[۵]: برای تشخیص خودهمبستگی مرتبه اول ($u_t = \rho u_{t-۱} + \epsilon_t$) در داده‌های سری زمانی استفاده می‌شود.

$$d = \frac{\sum(e_t - e_{t-۱})^۲}{\sum e_t^۲} \approx ۲(۱ - \hat{\rho})$$

- d تقریبا برابر با ۲: عدم خودهمبستگی
- d کوچک‌تر از ۲: خودهمبستگی مثبت (رایج در ترافیک و سری‌های زمانی اقتصادی).
- d بزرگتر از ۲: خودهمبستگی منفی

حدود بالا (d_U) و پایین (d_L) در جداول آماری وجود دارد. اگر d بین این دو باشد، آزمون بی‌نتیجه است.

---

۱ Jarque-Bera Test
۲ Skewness
۳ Kurtosis
۴ Autocorrelation
۵ Durbin-Watson

آزمون بروش-گادفری[۱]: آزمونی (LM) که برای درجات بالاتر خودهمبستگی و حتی در حضور متغیر وابسته با وقفه[۲] معتبر است.

ت. آزمون صحت تصریح مدل[۳]

آزمون RESET رمزی[۴]: برای تشخیص حذف متغیرهای مهم یا انتخاب نادرست فرم تابعی (مثلاً خطی به جای غیرخطی) استفاده می‌شود. پس از برازش مدل، مقادیر پیش‌بینی شده $\hat{Y}$ را به توان‌های ۲ و ۳ و... رسانده و به عنوان متغیرهای کمکی به مدل اضافه می‌شود. سپس با آزمون F معناداری ضرایب این توان‌ها تست می‌گردد. معناداری آن‌ها نشان‌دهنده وجود اطلاعاتی در $\hat{Y}$ است که مدل خطی نتوانسته جذب کند.

ث. تشخیص هم‌خطی[۵]:

فاکتور تورم واریانس[۶]: برای هر متغیر j، $VIF_j = \frac{۱}{۱-R_j^۲}$ محاسبه می‌شود که $R_j^۲$ حاصل رگرسیون X_j روی سایر متغیرهای مستقل است. VIF > ۱۰ نشان‌دهنده هم‌خطی شدید است که باعث افزایش واریانس ضرایب و کاهش معناداری آماری آن‌ها می‌شود.

آنالیز مقادیر ویژه و عدد وضعیت[۷]: جذر نسبت بزرگترین مقدار ویژه به کوچکترین مقدار ویژه ماتریس $X'X$ هست. مقادیر بالای ۳۰ هشداردهنده وضعیت هم‌خطی هستند.

---

۱ Breusch-Godfrey
۲ Lagged Dependent Variable
۳ Specification Test
۴ Ramsey Regression Equation Specification Error Test (RESET)
۵ Multicollinearity
۶ Variance Inflation Factor (VIF)
۷ Condition Number



شکل ۳-۳۲ : خلاصه مدلسازی ایجاد سفر و ویژگی‌های رگرسیون OLS

جدول ۳-۲۸ : متغیرهای استفاده شده در مدل‌های تولید و جذب سفر

نماد	تعریف	نماد	تعریف
Pop	جمعیت ساکن در ناحیه ترافیکی	۵DZ	متغیر ساختگی برای ناحیه ۱۰۹
Fam	تعداد خانوار ساکن در ناحیه ترافیکی	۶DZ	متغیر ساختگی برای نواحی ۷، ۸، ۹
REMP	تعداد شاغل ساکن در ناحیه ترافیکی	۷DZ	متغیر ساختگی برای نواحی ۱، ۲، ۴، ۵، ۷، ۹
EMP	تعداد شاغل در محل شغل	۸DZ	متغیر ساختگی برای ناحیه ۷۸
DEmp	تراکم تعداد شاغل در محل شغل	۹DZ	متغیر ساختگی برای نواحی ۲۶ و ۶۹
PCPC	سرانه مالکیت خودرو شخصی (وسیله بر نفر)	۱۰DZ	متغیر ساختگی برای نواحی ۶۹ و ۷۸
RSTU	تعداد دانش آموز در محل سکونت	LPark	مساحت کاربری فضای سبز و پارک
RUST	تعداد دانشجو در محل سکونت	LMaz	مساحت کاربری مذهبی
RTST	مجموع کل محصلین در محل سکونت	LRes	مساحت کاربری مسکونی
STU	دانش آموز در محل تحصیل	LMokh	مساحت کاربری مختلط
UST	دانشجو در محل تحصیل	LEdu	مساحت کاربری آموزشی
TST	تعداد کل محصلین در محل تحصیل	LTej	مساحت کاربری تجاری
DSTU	تراکم دانش آموز در محل تحصیل	LMas	مساحت کاربری تجهیزات
DTST	تراکم محصلین در محل تحصیل	LDar	مساحت کاربری درمانی
۱DZ	متغیر ساختگی برای ناحیه ۸	LFar	مساحت کاربری فرهنگی
۲DZ	متغیر ساختگی برای نواحی ۱۰، ۲۱،۲۷، ۳۱، ۴۰، ۷۱، ۷۴، ۷۸، ۸۳، ۸۶، ۸۷، ۹۱، ۹۷، ۹۸، ۱۰۱، ۱۰۳، ۱۰۹	LEdr	مساحت کاربری اداری
۳DZ	متغیر ساختگی برای نواحی ۱، ۳	LTar	مساحت کاربری تاریخی
۴DZ	متغیر ساختگی برای نواحی ۴، ۷، ۸	LRTE	مساحت کاربری مسکونی تجاری اداری و خدماتی

۲-۲-۳- مدل تولید سفر شغلی

مدل	ضریب	عدد ثابت	REMP	Pop	Fam	PCPC*REMP	PCPC*Pop	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	-۱۵.۸۰	۱.۶۹			۱.۵۶		۰.۹۳۷	۲۷۳
	آماره t	-۰.۲۵	۹.۹۶			۳.۱۴			
دو	مقدار	-۲۲.۹۴			۲.۰۹			۰.۹۲۸	۳۱۸
	آماره t	-۰.۳۳			۴۴.۶۶				
سه	مقدار	-۱۸.۹۶		۰.۴۵			۰.۵۷	۰.۹۳۴	۲۷۳
	آماره t	-۰.۲۹		۹.۱۹			۳.۹۱		

مدل	ضریب	عدد ثابت	REMP	Pop	Fam	PCPC*REMP	PCPC*Pop	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار		۱.۶۷			۱.۵۷		۰.۹۳۰	۴۴۹
	آماره t		۱۰.۵۲			۳.۲۰			

شکل ۳-۳۳ : مدل‌های تولید سفر شغلی

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها مدل سوم توصیه می‌گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{job} = -۱۸.۹۶ + ۰.۴۵ * REMP + ۰.۵۷ \times PCPC * REMP$$

و مدل نهایی بدون عدد ثابت:

$$P_{job} = ۱.۶۷ * REMP + ۱.۵۷ \times PCPC * REMP$$

۳-۲-۳- تولید سفر تحصیلی

مدل	ضریب	عدد ثابت	Pop	Fam	RSTU	RUST	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	-۱۵.۱۹			۱.۲۷	۴.۰۵	۰.۹۱۳	۲۶۸
	آماره t	-۰.۲۸			۳.۵۶	۳.۷۷		
دو	مقدار	-۱۵.۰۳		۱.۵۱			۰.۹۰۴	۳۰۹
	آماره t	-۰.۲۶		۳۸.۰۳				
سه	مقدار	-۴۳.۶۴	۰.۴۷				۰.۹۱۶	۳۰۷
	آماره t	-۰.۸۰	۴۰.۹۷					

مدل	ضریب	عدد ثابت	Pop	Fam	RSTU	RUST	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار				۱.۲۵	۴.۰۴	۰.۹۱۰	۳۸۸
	آماره t				۳.۵۶	۳.۷۸		

شکل ۳-۳۴ : مدل‌های تولید سفر تحصیلی

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل اول استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{Edu} = -۱۵.۱۹ + ۱.۲۷ \times RSTU + ۴.۰۵ \times RUST$$

و مدل بدون عدد ثابت به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{Edu} = ۱.۲۵ \times RSTU + ۴.۰۴ \times RUST$$

٤-۲-۳- مدل تولید سفر خرید

مدل	ضریب	عدد ثابت	REMP	Pop	Fam	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۱۰۲.۱۴		۰.۲۵		۰.۶۶۱	۲۷۷
	آماره t	۱.۴۷		۱۷.۳۶			
دو	مقدار	۱۱۰.۲۳			۰.۸۳	۰.۶۶۲	۲۸۳
	آماره t	۱.۶۰			۱۷.۴۱		
سه	مقدار	۱۲۲.۲۱	۰.۸۶			۰.۶۴۱	۲۷۷
	آماره t	۱.۷۱	۱۶.۶۳				

مدل	ضریب	عدد ثابت	REMP	Pop	Fam	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار			۰.۲۷		۰.۷۱۰	۴۹۴
	آماره t			۳۲.۵۶			

شکل ۳-۳۵ : مدل‌های تولید سفر خرید

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل اول استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{Shp} = ۱۰۲.۱۴ + ۰.۲۵ \times Pop$$

و مدل بدون عدد ثابت به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{Shp} = ۰.۲۷ \times Pop$$

۵-۲-۳- تولید سفر تفریحی

مدل	ضریب	عدد ثابت	REMP	Pop	Fam	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۴۰.۷۴	۰.۹۲			۰.۷۰۶	۳۱۱
	آماره t	۰.۶۱	۱۹.۲۴				
دو	مقدار	۳۹.۷۰			۰.۸۸	۰.۷۱۳	۳۱۷
	آماره t	۰.۶۱			۱۹.۳۹		
سه	مقدار	۳۰.۶۳		۰.۲۷		۰.۷۱۲	۳۱۰
	آماره t	۰.۴۶		۱۹.۵۴			

مدل	ضریب	عدد ثابت	REMP	Pop	Fam	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار			۰.۲۸		۰.۷۳۰	۴۶۳
	آماره t			۳۵.۱۷			

شکل ۳-۳۶ : مدل‌های تولید سفر تفریحی

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل سوم استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{Rec} = ۳۰.۶۳ + ۰.۲۷ \times Pop$$

و مدل بدون عدد ثابت به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{Rec} = ۰.۲۸ \times Pop$$

۶-۲-۳- مدل تولید سفر سایر

مدل	ضریب	عدد ثابت	REMP	Pop	Fam	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۳۰.۵۱		۰.۲۱		۰.۷۲۸	۲۴۷
	آماره t	۰.۶۲		۲۰.۳۴			
دو	مقدار	۴۱.۴۲			۰.۶۷	۰.۷۲۲	۲۴۷
	آماره t	۰.۸۵			۲۰.۰۰		
سه	مقدار	۳۶.۶۸	۰.۷۱			۰.۷۲۴	۲۴۷
	آماره t	۰.۷۵	۲۰.۱۵				

مدل	ضریب	عدد ثابت	REMP	Pop	Fam	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار			۰.۲۱		۰.۷۵۰	۳۴۱
	آماره t			۳۶.۸۰			

شکل ۳-۳۷ : مدل‌های تولید سفر سایر

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل اول استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{Oth} = ۳۰.۵۱ + ۰.۲۱ \times Pop$$

و مدل بدون عدد ثابت به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{Oth} = ۰.۲۱ \times Pop$$

۷-۲-۳- مدل تولید سفر غیر خانه مبنا

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	TST	DEmp	DTST	DZ10	LRes	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۴۷.۹۷	۰.۲۴	۰.۰۶			۳۸۱۳.۸۳	۰.۰۰۱۰	۰.۶۱۲	۳۲۵
	آماره t	۰.۷۲	۷.۴۹	۲.۶۲			۱۱.۸۴	۱.۹۰		
دو	مقدار	۵۶.۳۰			۴.۶۰	۳.۳۶	۳۹۰۵.۱۸	۰.۰۰۱۸	۰.۶۰۱	۳۰۱
	آماره t	۰.۸۰			۵.۸۵	۴.۱۶	۳.۲۹	۳.۳۷		
سه	مقدار	۶۹.۷۸	۰.۲۶				۳۸۴۸.۷۲	۰.۰۰۱	۰.۶۰۴	۳۴۴
	آماره t	۱.۰۳	۸.۵۵				۱۱.۷۳	۱.۹۳		

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	TST	DEmp	DTST	DZ10	LRes	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار		۰.۲۵	۰.۰۶			۳۸۰۹.۲۶	۰.۰۰۱۳	۰.۶۴۰	۴۴۴
	آماره t		۸.۲۸	۲.۷۱			۱۱.۸۴	۳.۱۴		

شکل ۳-۳۸ : مدل‌های تولید سفر غیر خانه مبنا

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل اول استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{NHB} = ۴۷.۹۷ + ۰.۲۴ \times EMP + ۰.۰۶ \times TST + ۳۸۱۳.۸۳ \times DZ10 + ۰.۰۰۱۰ \times LRes$$

و مدل بدون عدد ثابت به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{NHB} = ۰.۲۵ \times EMP + ۰.۰۶ \times TST + ۳۸۰۹.۲۶ \times DZ10 + ۰.۰۰۱۳ \times LRes$$

۸-۲-۳- جذب سفر شغلی

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	LEdr	LEdu	DEmp	DZ1	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۸۷.۶۶	۲.۰۹					۰.۹۳۵	۵۹۱
	آماره t	۱.۲۰	۴۷.۱۱						
دو	مقدار	۴۵۱.۵۸		۰.۰۴۲	۰.۰۷	۳۵.۸۶		۰.۶۴۷	۸۲۳
	آماره t	۲.۵۳		۵.۷۲	۶.۴۶	۱۳.۹۸			
سه	مقدار	۱۲۷۴.۳۰				۳۳.۰۰	۷۹۰۶.۹۶	۰.۶۰۰	۱۱۰۵
	آماره t	۷.۲۶				۱۰.۶۸	۴.۱۸		

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	LEdr	LEdu	DEmp	DZ1	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار		۲.۱۲					۰.۹۳۵	۶۶۵
	آماره t		۶۵.۵۹						

شکل ۳-۳۹ : مدل‌های جذب سفر شغلی

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل اول استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{job} = ۸۷.۶۶ + ۲.۰۹ \times EMP$$

و مدل بدون عدد ثابت به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{job} = ۲.۱۲ \times EMP$$

۹-۲-۳- مدل جذب سفر تحصیلی

مدل	ضریب	عدد ثابت	STU	UST	TST	DTST	DZ2	LEdu	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۴۹.۱۵	۲.۰۹	۱.۱۵					۰.۹۴۶	۳۰۲
	آماره t	۰.۸۱	۳۹.۲۸	۳۷.۹۷						
دو	مقدار	۴۴۵.۹۳				۲۸.۷۱	۴۴۲۸.۵۸	۰.۰۵	۰.۶۷۹	۶۹۵
	آماره t	۲.۹۶				۱۱.۴۰	۹.۲۵	۵.۶۶		
سه	مقدار	۳۰۹.۲۱			۱.۶۹		-۳۰۴۶.۳۱		۰.۸۹۵	۳۳۴
	آماره t	۳.۸۹			۲۹.۱۶		-۷.۶۴			

مدل	ضریب	عدد ثابت	STU	UST	TST	DTST	DZ2	LEdu	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار		۲.۱۱	۱.۱۵					۰.۹۴۷	۵۸۴
	آماره t		۵۰.۶۶	۳۸.۸۲						

شکل ۳-۴۰ : مدل‌های جذب سفر تحصیلی

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل اول استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{Edu} = ۴۹.۱۵ + ۲.۰۹ \times STU + ۱.۱۵ \times UST$$

و مدل بدون عدد ثابت آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{Edu} = ۲.۱۱ \times STU + ۱.۱۵ \times UST$$

۱۰-۲-۳- جذب سفر خرید

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	DEMP	LTej	DZ3	DZ4	LMaz	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۱۵۲.۷۹		۱۲.۶۵	۰.۰۲	۹۳۶۸.۷۴	۴۵۹۵.۰۰	۰.۱۷	۰.۷۷۳	۴۵۵
	آماره t	۱.۳۰		۵.۶۹	۲.۷۱	۱۰.۲۳	۷.۵۶	۳.۱۷		
دو	مقدار	۵۲۲.۵۴			۰.۰۴	۱۲۲۷۰.۰۰	۵۷۴۸.۸۹		۰.۷۲۶	۸۴۵
	آماره t	۴.۴۲			۳.۵۲	۱۳.۶۰	۸.۸۹			
سه	مقدار		۰.۲۶		۰.۰۴		۷۲۰۹.۹۴		۰.۶۰۵	۹۲۶
	آماره t		۲.۶۶		۲.۷۳		۱۰.۹۱			

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	DEMP	LTej	DZ3	DZ4	LMaz	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار			۱۳.۷۶	۰.۰۳	۹۰۱۶.۰۶	۴۴۳۸.۸۸	۰.۱۹	۰.۷۷۹	۱۰۳۱
	آماره t			۷.۸۲	۲.۲۷	۱۰.۲۸	۷.۴۴	۳.۵۴		

شکل ۳-۴۱ : مدل‌های جذب سفر خرید

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل اول استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{Shp} = ۱۵۲.۷۹ + ۱۲.۶۵ \times DEMP + ۰.۰۲ \times LTej + ۹۳۶۸.۷۴ \times DZ3 + ۴۵۹۵.۰۰ \times DZ4 + ۰.۱۷ \times LMaz$$

و مدل بدون عدد ثابت آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{Shp} = ۱۳.۷۶ \times DEMP + ۰.۰۳ \times LTej + ۹۰۱۶.۰۶ \times DZ3 + ۴۴۳۸.۸۸ \times DZ4 + ۰.۱۹ \times LMaz$$

۱۱-۲-۳- جذب سفر تفریح

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	Fam	LPark	LFar	Pop	DZ5	LRes	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۱۰۴.۹۵	۰.۱۶	۰.۵۴	۰.۰۱			۸۸۶۶.۰۶		۰.۶۵۰	۲۶۵.۸
	آماره t	۰.۹۸	۳.۵۸	۸.۳۲	۴.۴۷			۱۲.۹۷			
دو	مقدار	۱۵۱.۷۲	۰.۱۴		۰.۰۱۱			۸۶۷۹.۳۶	۰.۰۱	۰.۶۳۹	۳۱۹
	آماره t	۱.۴۳	۳.۰۰		۵.۴۱			۱۲.۵۴	۷.۹۲		
سه	مقدار	۲۸۶.۲۹				۰.۰۴	۰.۱۰	۵۱۴۲.۶۶	۰.۰۰۴	۰.۶۰۱	۴۰۰
	آماره t	۲.۶۸				۱.۹۲	۳.۳۵	۲.۰۶	۲.۹۹		

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	Fam	LPark	LFar	Pop	DZ5	LRes	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار		۰.۱۸	۰.۵۸	۰.۰۱۰			۸۸۹۰.۰۷		۰.۶۵۸	۶۵۱
	آماره t		۴.۳۵	۱۲.۵۶	۴.۸۹			۱۳.۰۱			

شکل ۳-۴۲ : مدل‌های جذب سفر تفریحی

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل اول استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{Rec} = ۱۰۴.۹۵ + ۰.۱۶ \times EMP + ۰.۵۴ \times Fam + \ ۰.۰۱ \times LPark + \ ۸۸۶۶.۰۶ \times DZ5$$

و مدل بدون عدد ثابت آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{Rec} = ۰.۱۸ \times EMP + ۰.۵۸ \times Fam + \ ۰.۰۱۰ \times LPark + \ ۸۸۹۰.۰۷ \times DZ5$$

۱۲-۲-۳- مدل جذب سفر سایر

مدل	ضریب	عدد ثابت	STU	EMP	DZ6	DZ7	TST	LTar	LDar	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۶۶.۹۹	۰.۳۷	۰.۴۰		۱۶۵۵.۷۱				۰.۶۱۲	۵۵۴
	آماره t	۰.۸۴	۵.۵۰	۷.۸۵		۵.۵۲					
دو	مقدار	۱۷۶.۸۲	۰.۳۱	۰.۳۳	۳۷۷۰.۲۰					۰.۷۱۰	۴۳۹
	آماره t	۲.۵۸	۵.۴۳	۷.۶۱	۳۷۷۰.۲۰						
سه	مقدار	۵۷۸.۸۸				۲۵۷۸.۵۹	۰.۱۲		۰.۰۲	۰.۶۰۲	۷۳۸
	آماره t	۶.۹۰				۶.۸۲	۲.۶۵		۱.۹۶		

مدل	ضریب	عدد ثابت	STU	EMP	DZ6	DZ7	TST	LTar	LDar	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار		۰.۳۶	۰.۳۹	۳۵۸۱.۳۱					۰.۷۱۲	۵۸۷
	آماره t		۶.۵۷	۱۰.۱۷	۹.۷۶						

شکل ۳-۴۳ : مدل‌های جذب سفر سایر

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل دوم استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{Oth} = ۱۷۶.۸۲ + ۰.۳۱ \times STU + ۰.۳۳ \times EMP + ۳۷۷۰.۲۰ \times DZ6$$

و مدل بدون عدد ثابت به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{Oth} = ۰.۳۶ \times STU + ۰.۳۹ \times EMP + ۳۵۸۱.۳۱ \times DZ6$$

۱۳-۲-۳- مدل جذب سفر غیر خانه مبنا

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	STU	TST	DEmp	DTST	LMaz	LMokh	LRTE	DZ8	DZ9	Adj R2	RMSE
یک	مقدار	۱۶۹.۶۹				۴.۱۶۴	۳.۰۷۵			۰.۱۷	۵۲۷۵.۲۳	۲۱۱۴.۱۹	۰.۷۱۸	۲۵۶
	آماره t	۴.۲۷				۶.۴۲	۴.۶۹			۴.۵۶	۱۳.۴۲	۷.۷۵		
دو	مقدار	۱۳۸.۳۶	۰.۲۳		۰.۰۵						۵۵۳۱.۴۳		۰.۶۱۵	۲۶۲
	آماره t	۲.۴۵	۶.۹۷		۲.۲۶						۱۱.۴۸			
سه	مقدار	۹۰.۷۹	۰.۱۶	۰.۱۴				۰.۰۳۵	۰.۱۶		۵۲۰۰.۲۳	۲۰۰۱.۵۷	۰.۷۲۹	۲۳۹
	آماره t	۲.۰۰	۵.۶۱	۳.۵۹				۱.۹۵	۴.۱۰		۱۳.۲۳	۷.۲۸		

مدل	ضریب	عدد ثابت	EMP	STU	TST	DEmp	DTST	LMaz	LMokh	LRTE	DZ8	DZ9	Adj R2	RMSE
برتر بدون ثابت	مقدار		۰.۱۸	۰.۱۶				۰.۰۴	۰.۱۶		۵۲۱۷.۱۰	۱۹۸۶.۳۱	۰.۷۳۲	۳۷۷
	آماره t		۶.۴۴	۴.۲۸				۲.۴۲	۴.۱۲		۱۳.۱۵	۷.۰۷		

شکل ۳-۴۴ : مدل‌های جذب سفر غیر خانه مبنا

توصیه مشاور: با توجه به نتایج مدل‌ها توصیه می‌گردد از مدل سوم استفاده گردد که رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$A_{NHB} = ۹۰.۷۹ + ۰.۱۶ \times EMP + ۰.۱۴ \times STU + ۰.۰۳۵ \times LMaz + \ ۰.۱۶ \times LMokh + \ ۵۲۰۰.۲۳ \times DZ8 + ۲۰۰۱.۵۷ \times DZ9$$

و مدل بدون عدد ثابت آن به صورت زیر خواهد بود

$$A_{NHB} = ۰.۱۸ \times EMP + ۰.۱۶ \times STU + ۰.۴۰ \times LMaz + \ ۰.۱۶ \times LMokh + \ ۵۲۱۷.۱۰ \times DZ8 + ۱۹۸۶.۳۱ \times DZ9$$

۱۴-۲-۳- توزیع سفر

در معماری پیچیده و چندلایه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری، مدل چهار مرحله‌ای کلاسیک به عنوان ستون فقرات تحلیل تقاضا شناخته می‌شود. این فرآیند که برای دهه‌ها ابزار اصلی سیاست‌گذاران و مهندسان ترافیک جهت پیش‌بینی جریان‌های آتی بر روی شبکه معابر بوده است، از چهار گام متوالی ایجاد سفر، توزیع سفر، تفکیک شیوه سفر و تخصیص ترافیک تشکیل شده است. در حالی که گام نخست، یعنی ایجاد سفر، برآورد حجمی از تقاضا را بدون توجه به جهت‌گیری مکانی ارائه می‌دهد، گام دوم یا «توزیع سفر» وظیفه‌ای بنیادین و حساس را بر عهده دارد: اتصال فضایی مبادی و مقاصد. این مرحله، پلی میان کاربری زمین (که پتانسیل تولید و جذب را تعیین می‌کند) و شبکه حمل‌ونقل (که هزینه جابجایی را دیکته می‌کند) برقرار می‌سازد. خروجی این مرحله، ماتریس مبدا-مقصد (O-D Matrix) است که نه تنها حجم جابجایی‌ها، بلکه الگوی فضایی تعاملات شهری را نیز ترسیم می‌کند.

اهمیت مرحله توزیع سفر در آن است که هرگونه خطا در این فاز، به صورت آبشاری به مراحل بعدی منتقل شده و می‌تواند منجر به طراحی‌های نادرست در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی یا برآوردهای اشتباه در ظرفیت بزرگراه‌ها شود. در طول تاریخ تکامل مهندسی ترافیک، رویکردهای متعددی برای حل مسئله توزیع سفر پیشنهاد شده است که می‌توان آن‌ها را در دو دسته کلان طبقه‌بندی کرد: روش‌های مبتنی بر ضریب رشد[۱] که بر تعمیم الگوهای تاریخی استوارند، و روش‌های ترکیبی یا سنتتیک[۲] که تلاش می‌کنند رفتار سفر را بر اساس قوانین فیزیکی یا احتمالات ریاضی بازسازی کنند. این گزارش با تمرکز بر دو نماینده شاخص این کلاس‌ها، یعنی مدل فراتر[۳] و مدل جاذبه[۴]، به واکاوی دقیق مبانی ریاضی، منطق رفتاری، و کاربرد آن‌ها در اهداف مختلف سفر می‌پردازد.

تحلیل پیش‌رو فراتر از توصیفات سطحی، به عمق روابط ریاضی و مفاهیم نظری نفوذ کرده و تلاش دارد تا با بررسی توابع مقاومت سفر[۵] نظیر توابع گاما، توانی و نمایی، درک عمیقی از نحوه مدل‌سازی اصطکاک فضایی ارائه دهد. همچنین، با توجه به تنوع اهداف سفر در زندگی شهری مدرن، رفتار این مدل‌ها در مواجهه با اهداف گوناگون از جمله سفرهای شغلی، تحصیلی، خرید، تفریحی (با نگاه ویژه به سفرهای زیارتی) و سفرهای غیرخانه‌مبنا مورد کنکاش قرار خواهد گرفت.

---

۱ Growth Factor Methods
۲ Synthetic Models
۳ Fratar
۴ Gravity
۵ Impedance Functions

الف. مدل‌های ضریب رشد با تمرکز بر متدولوژی فراتر (Fratar)

مدل‌های ضریب رشد، که نسل اول مدل‌های توزیع سفر محسوب می‌شوند، بر یک فرض ساده اما قدرتمند استوار هستند: الگوی توزیع سفر در آینده مشابه الگوی فعلی است، با این تفاوت که حجم سفرها متناسب با رشد اقتصادی و جمعیتی نواحی تغییر می‌کند. در میان روش‌های مختلف ضریب رشد (مانند روش ضریب یکنواخت یا روش دیترویت)، روش فراتر که توسط توماس فراتر در سال ۱۹۵۴ معرفی شد، به دلیل دقت بالاتر و منطق ریاضی منسجم‌تر، جایگاه ویژه‌ای یافته است.

منطق بنیادین مدل فراتر بر این اصل استوار است که تغییر در حجم تبادل سفر بین دو ناحیه ترافیکی (TAZ) تابعی از رشد نسبی تولید سفر در ناحیه مبدا، رشد نسبی جذب سفر در ناحیه مقصد، و تعامل این دو با کل سیستم است. برخلاف روش‌های ساده‌تر که تنها از یک ضریب رشد میانگین استفاده می‌کنند، مدل فراتر می‌کوشد تا با در نظر گرفتن همزمان کشش‌های ناحیه مبدا و مقصد، توزیعی متعادل ارائه دهد. این مدل بر این فرض عمل می‌کند که اگر ناحیه i رشد تولیدی برابر G_i و ناحیه j رشد جذبی برابر G_j داشته باشد، سفر بین این دو ناحیه (T_{ij}) متناسب با هر دو ضریب افزایش می‌یابد، اما این افزایش باید به گونه‌ای تعدیل شود که مجموع سفرهای خارج شده از i و وارد شده به j با مقادیر هدف پیش‌بینی شده در مرحله تولید سفر همخوانی داشته باشد.

این ضرورتِ همخوانی با مقادیر حاشیه‌ای سطر و ستون ماتریس، مدل فراتر را به یک فرآیند تکرارپذیر[۱] تبدیل می‌کند. در هر تکرار، مدل تلاش می‌کند تا با توزیع مجدد خطاها، به یک همگرایی ریاضی دست یابد. این ویژگی باعث می‌شود مدل فراتر در حفظ ساختار فضایی موجود بسیار توانمند باشد، اما همزمان آن را نسبت به تغییرات ساختاری شدید در کاربری زمین آسیب‌پذیر می‌سازد.

در بیان ریاضی مدل فراتر، تعداد سفر پیش‌بینی شده بین دو ناحیه i و j در سال افق (T_{ij}) در هر تکرار از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_{ij} = t_{ij} \times G_i \times G_j \times \frac{\sum_k t_{ik}}{\sum_k (t_{ik} \times G_k)}$$

در این رابطه، t_{ij} نشان‌دهنده جریان سفر موجود بین دو ناحیه است. G_i و G_j ضرایب رشد اولیه نواحی هستند که از تقسیم تولید/جذب آینده بر مقادیر فعلی به دست می‌آیند. ترم کسری در معادله، نقش تعدیل‌کننده مکانی[۲] را ایفا می‌کند. این ترم نشان می‌دهد که مطلوبیت نسبی ناحیه مقصد j در مقایسه با سایر مقاصد رقیب (k) چگونه تغییر

[۱] Iterative Proportional Fitting - IPF
[۲] Locational Adjustment Factor

کرده است. اگر سایر مقاصد رشد بسیار بیشتری نسبت به j داشته باشند، مخرج کسر بزرگ شده و سهم سفر به ناحیه j را کاهش می‌دهد، که این امر بازتاب‌دهنده رقابت فضایی بین مقاصد است.

فرآیند اجرایی این مدل شامل گام‌های زیر است که تا زمان همگرایی تکرار می‌شوند:

- **محاسبه ضرایب رشد**: برای هر ناحیه، نسبت مقدار هدف آینده به مقدار موجود (یا مقدار حاصل از تکرار قبل) محاسبه می‌شود.
- **توزیع اولیه**: مقادیر سلول‌های ماتریس با استفاده از فرمول فراتر و ضرایب رشد محاسبه شده، به‌روزرسانی می‌شوند. معمولاً برای هر زوج مبدا-مقصد، دو برآورد (یکی از دیدگاه مبدا و یکی از دیدگاه مقصد) محاسبه شده و میانگین آن‌ها به عنوان مقدار جدید لحاظ می‌گردد.
- **بررسی تعادل**: مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس جدید با مقادیر هدف (P_i و A_j آینده) مقایسه می‌شود.
- **تکرار**: اگر اختلاف بین مجموع‌های محاسبه شده و مقادیر هدف فراتر از آستانه خطا (مثلاً ۵ درصد) باشد، ضرایب رشد جدید بر اساس نسبت‌های جدید محاسبه شده و فرآیند تکرار می‌گردد.

تحلیل دقیق مدل فراتر نشان‌دهنده دوگانگی مشخصی در عملکرد آن است. از یک سو، این مدل دارای نقاط قوت منحصربه‌فردی است:

- ✓ **حفظ الگوهای سفر**: مدل فراتر ساختار پنهان و پیچیده تعاملات شهری را که در ماتریس سال پایه وجود دارد، حفظ می‌کند. این ویژگی برای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت در شهرهایی که تغییرات ساختاری کمی دارند، بسیار ارزشمند است.
- ✓ **کارایی در سفرهای خارجی**: برای توزیع سفرهای عبوری که مبدا و مقصد آن‌ها خارج از محدوده مطالعاتی است و تابع تغییرات کاربری زمین داخلی نیستند، مدل فراتر همچنان بهترین گزینه محسوب می‌شود.

از سوی دیگر، محدودیت‌های ذاتی این مدل استفاده از آن را در طرح‌های جامع شهری محدود کرده است:

- **مشکل سلول‌های صفر**: بزرگترین ضعف مدل فراتر، ناتوانی در پیش‌بینی سفر بین زوج‌ناحیه‌هایی است که در سال پایه تعاملی نداشته‌اند ($t_{ij}=۰$). از آنجا که هر عددی در صفر ضرب شود، صفر خواهد بود، این مدل نمی‌تواند برای مناطق نوساز (مانند شهرک‌های اقماری جدید) که در سال پایه وجود نداشته‌اند، توزیع سفر انجام دهد.
- **عدم حساسیت به شبکه**: مدل فراتر متغیر هزینه سفر یا زمان سفر را به صورت صریح در فرمول خود ندارد. اگر بزرگراهی جدید ساخته شود که زمان سفر بین دو ناحیه را نصف کند، مدل فراتر هیچ مکانیزمی برای افزایش سفر بین آن دو ناحیه ندارد، مگر اینکه این اثر به صورت غیرمستقیم در ضرایب رشد دیده شده باشد که معمولاً چنین نیست.

- **انتقال خطا**: هرگونه نویز یا خطای آماری در ماتریس سال پایه (که در نمونه‌گیری‌های کوچک رایج است) مستقیماً با ضرایب رشد تقویت شده و به سال افق منتقل می‌شود، که می‌تواند منجر به خطاهای قابل ملاحظه در پیش‌بینی شود.

ب. رویکرد سنتتیک: مدل جاذبه[۱]

در پاسخ به محدودیت‌های مدل‌های ضریب رشد، بویژه ناتوانی در مدل‌سازی تغییرات شبکه و مناطق جدید، مدل‌های سنتتیک توسعه یافتند. مدل جاذبه، به عنوان پرکاربردترین مدل در این دسته، ابتدا بر اساس آنالوژی با قانون گرانش نیوتن و بعدها بر اساس مبانی محکم تئوری آنتروپی شکل گرفت. این مدل فرض می‌کند که تعامل بین دو ناحیه نسبت مستقیم با "جرم" (تعداد سفر تولیدی و جذبی) و نسبت عکس با فاصله (زمان یا هزینه سفر) دارد.

در حالی که فرمول‌های اولیه مدل جاذبه صرفاً برداشتی شهودی از فیزیک نیوتنی بودند، آلن ویلسون در سال ۱۹۶۷ با ارائه تئوری ماکزیمم‌سازی آنتروپی[۲] پایه نظری مستحکمی برای این مدل فراهم کرد. ویلسون نشان داد که محتمل‌ترین ماتریس سفر، ماتریسی است که تعداد حالات خرد[۳] آن بیشینه باشد، مشروط بر اینکه محدودیت‌های کلان سیستم (مانند مجموع تولید و جذب و کل هزینه سفر در شبکه) رعایت شود. این اثبات ریاضی نشان داد که تابع نمایی منفی ($e^{-\beta C}$) محتمل‌ترین شکل تابع توزیع سفر در یک سیستم با هزینه کل ثابت است. این دیدگاه، مدل جاذبه را از یک فرمول تجربی به یک مدل رفتاری آماری ارتقا داد.

فرمول عمومی مدل جاذبه به صورت زیر بیان می‌شود:

$$T_{ij} = P_i \times \frac{A_j \times F_{ij} \times K_{ij}}{\sum_k (A_k \times F_{ik} \times K_{ik})}$$

P_i و A_j: به ترتیب تولید و جذب سفر در نواحی مبدا و مقصد

F_{ij}: تابع اصطکاک یا مقاومت سفر که معکوس هزینه سفر است ($f(c_{ij})$).

K_{ij}: ضریب تعدیل اجتماعی-اقتصادی (K-Factor)

یکی از جنبه‌های فنی بسیار مهم در پیاده‌سازی مدل جاذبه، نحوه اعمال محدودیت‌های تولید و جذب است. بسته به نوع هدف سفر، مدل می‌تواند تک‌محدودیتی[۴] یا دومحدودیتی[۵] باشد.

---

۱ Gravity Model
۲ Entropy Maximization
۳ Microstates
۴ Singly Constrained
۵ Doubly Constrained

مدل تک‌محدودیتی: در این حالت، مدل تنها تضمین می‌کند که مجموع سفرهای توزیع شده از هر ناحیه برابر با تولید آن ناحیه (P_i) باشد. تطابق با جذب سفر (A_j) الزامی نیست و مقادیر جذب تنها به عنوان شاخصی از جذابیت نسبی استفاده می‌شوند. این رویکرد برای سفرهای اختیاری مانند خرید یا تفریح مناسب است؛ زیرا اگرچه ظرفیت یک مرکز خرید مشخص است، اما تعداد مشتریان آن دقیقاً ثابت نیست و می‌تواند بر اساس رقابت تغییر کند.

مدل دومحدودیتی: برای سفرهای اجباری مانند سفر به محل کار (HBW)، هم تعداد کارگران ساکن در مبدا و هم تعداد فرصت‌های شغلی در مقصد ثابت و مشخص است. بنابراین ماتریس نهایی باید به گونه‌ای باشد که مجموع سطرها دقیقاً برابر P_i و مجموع ستون‌ها دقیقاً برابر A_j شود. برای دستیابی به این هدف، از یک فرآیند تکرارپذیر (معمولاً روش Furness) استفاده می‌شود که در آن ضرایب بالانس سطر (A_i) و ستون (B_j) به طور متناوب محاسبه می‌شوند تا تعادل برقرار گردد. فرمول در این حالت به شکل زیر است:

$$T_{ij} = A_i \times B_j \times O_i \times D_j \times F_{ij}$$

ضرایب K_{ij} برای اصلاح مدل در مواردی که تابع اصطکاک به تنهایی نمی‌تواند الگوی سفر را توضیح دهد، استفاده می‌شوند. این ضرایب معمولاً برای مدل‌سازی موانع فیزیکی (مانند رودخانه) یا پیوندهای اجتماعی خاص (مانند تمرکز کارگران کم‌درآمد در مناطق صنعتی خاص) به کار می‌روند. با این حال، استفاده از این ضرایب در ادبیات فنی به شدت مورد نقد است، زیرا خاصیت پیش‌بینی‌کنندگی مدل را کاهش می‌دهند و فرض بر ثبات آن‌ها در طول زمان، فرضی قابل مناقشه است. توصیه مراجع معتبر (مانند NCHRP ۷۱۶) این است که استفاده از K-Factor به حداقل رسیده و مشکلات مدل با بهبود تابع اصطکاک حل شود.

تابع مقاومت یا تابع اصطکاک (F_{ij})، هسته اصلی مدل جاذبه است که تمایل مسافران به طی مسافت‌های مختلف را ریاضی‌سازی می‌کند. انتخاب فرم تابع مناسب، تأثیر مستقیمی بر دقت مدل دارد. در اینجا سه تابع اصلی و ویژگی‌های فنی آن‌ها تحلیل می‌شوند:

تابع توانی[۱]: فرم ریاضی $f(c_{ij}) = c_{ij}^{-\beta}$ این تابع در مطالعات اولیه حمل‌ونقل بسیار رایج بود. ویژگی اصلی آن کاهش سریع جذابیت با افزایش فاصله است. با این حال، نقص بزرگ ریاضی آن رفتار مجانبی در نزدیکی صفر است؛ جایی که با میل کردن زمان سفر به سمت صفر، مقدار تابع به سمت بی‌نهایت می‌رود. این رفتار با واقعیت ناسازگار است، زیرا سفرهای بسیار کوتاه لزوماً دارای جذابیت بی‌نهایت نیستند. این تابع عمدتاً برای سفرهای بین‌شهری طولانی کاربرد داشته است.

[۱] Power Function

تابع نمایی[۱]: فرم ریاضی $f(c_{ij}) = e^{-\beta c_{ij}}$ این تابع که از تئوری آنتروپی ویلسون مشتق می‌شود، مشکل نقطه صفر تابع توانی را حل کرده و مقداری متناهی در مبدا دارد. تابع نمایی فرض می‌کند که با هر واحد افزایش در زمان سفر، تمایل به سفر با یک نرخ ثابت درصدی کاهش می‌یابد. این تابع برای سفرهای درون‌شهری با فواصل متوسط عملکرد قابل قبولی دارد، اما اغلب نمی‌تواند رفتار مسافران در فواصل بسیار کوتاه یا بسیار طولانی را به خوبی مدل کند.

تابع گاما[۲]: فرم ریاضی: $f(c_{ij}) = ac_{ij}^{b}e^{-c.c_{ij}}$ تابع گاما، ترکیبی هوشمندانه از توابع توانی و نمایی است و به عنوان استاندارد فعلی در اکثر نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل (مانند EMME, TransCAD, VISUM) استفاده می‌شود.ویژگی‌های تحلیل:

- ✓ **پدیده قله**: یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های رفتاری سفر، عدم مطلوبیت سفرهای بسیار کوتاه با خودرو است (به دلیل هزینه‌های ثابت پارک و زمان دسترسی). تابع گاما با داشتن پارامتر b (اگر b>۰ باشد)، این امکان را فراهم می‌کند که منحنی اصطکاک در دقایق اولیه (مثلاً ۰ تا ۵ دقیقه) صعودی باشد و پس از رسیدن به یک قله، روند نزولی نمایی خود را آغاز کند. این رفتار دقیقاً منطبق بر مشاهدات تجربی است.
- ✓ **انعطاف‌پذیری**: با تنظیم پارامترهای b و c، این تابع می‌تواند اشکال بسیار متنوعی به خود بگیرد. اگر c=۰ باشد، به تابع توانی و اگر b=۰ باشد، به تابع نمایی تبدیل می‌شود. این انعطاف‌پذیری اجازه می‌دهد تا مدل برای اهداف سفر مختلف با حساسیت‌های متفاوت کالیبره شود.

جدول ۳-۲۹ : مقایسه انواع توابع مقاومت

نوع تابع	فرمول ریاضی	رفتار در t→۰	نرخ میرایی (Decay Rate)	کاربرد اصلی
توانی	$c_{ij}^{-\beta}$	∞	سریع (Hyperbolic)	مدل‌های قدیمی، فواصل دور
نمایی	$e^{-\beta c_{ij}}$	یک یا α (در صورت وجود)	ثابت (Constant /.)	تحلیل‌های تئوریک آنتروپی
گاما	$c_{ij}^{b}e^{-c.c_{ij}}$	صفر اگر b مثبت باشد.	متغیر (Non-monotonic)	استاندارد جامع شهری

رفتار سفر انسان همگن نیست و به شدت تابع "هدف سفر" است. یک مدل توزیع سفر دقیق باید این تفاوت‌ها را از طریق پارامترهای متفاوت تابع اصطکاک و نوع محدودیت‌ها بازتاب دهد.

[۱] Exponential Function
[۲] Gamma Function

سفرهای خانه-مبنای شغلی (HBW: Home-Based Work): این سفرها ستون فقرات ترافیک اوج صبحگاهی هستند. به دلیل ماهیت اجباری و تکراری، این سفرها کمترین حساسیت به فاصله را دارند[1]. افراد حاضرند برای شغل مناسب، مسافت‌های طولانی را طی کنند.

- ✓ **پیکربندی مدل**: حتماً باید از مدل دومحدودیتی استفاده شود تا تعادل بین محل سکونت نیروی کار و محل اشتغال حفظ شود.
- ✓ **تابع اصطکاک**: منحنی گاما برای HBW معمولاً دارای دم طولانی و کشیده است. پارامتر c (ضریب نزول نمایی) در این حالت کوچکترین مقدار قدرمطلق را دارد که نشان‌دهنده کاهش کند تمایل به سفر با افزایش فاصله است.

سفرهای خانه-مبنای تحصیلی (HBE: Home-Based Education): این دسته باید به دو زیرگروه مدرسه و دانشگاه تفکیک شود.

- مدارس: تابع سیاست‌های ناحیه‌بندی آموزش و پرورش هستند و معمولاً بسیار کوتاه‌اند. مدل‌سازی آن‌ها نیازمند توابع اصطکاک با شیب نزولی بسیار تند است..
- دانشگاه: رفتاری شبیه به سفرهای شغلی دارند اما با پراکندگی کمتر در مقصد (چند نقطه محدود در شهر). مدل‌سازی آن‌ها نیازمند ماتریس جذب خاص متمرکز بر نواحی دانشگاهی است.

سفرهای خانه-مبنای خرید (HBS: Home-Based Shopping): سفرهای خرید ماهیتی اختیاری دارند و حساسیت آن‌ها به زمان سفر بسیار بالاست. قانون نزدیک‌ترین فرصت در اینجا حاکم است.

- ✓ **پیکربندی مدل**: استفاده از مدل تک‌محدودیتی رایج است، زیرا جذب سفر در مراکز تجاری منعطف است و تابع رقابت است.
- ✓ **تابع اصطکاک**: تابع گاما در اینجا دارای قله‌ای تیز در زمان‌های کوتاه (۵ تا ۱۰ دقیقه) و افتی سریع است. پارامترهای b و c به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که مقاومت شدید در برابر فواصل طولانی را نشان دهند.

سفرهای خانه-مبنای تفریحی و زیارتی (HBR: Recreation & Pilgrimage): این بخش نیازمند تحلیل دقیق فرهنگی و رفتاری است.

- **تفریح عمومی**: رفتاری میانه بین خرید و کار دارند. پارک‌های محلی سفرهای کوتاه و استادیوم‌ها سفرهای طولانی جذب می‌کنند.

[1] Inelastic

- **زیارت**: در شهرهای مذهبی (مانند مشهد یا قم)، سفرهای زیارتی الگوی منحصربه‌فردی دارند. در این سفرها، جذابیت معنوی مقصد بر مقاومت فیزیکی مسیر غلبه می‌کند. تحقیقات نشان داده‌اند که تابع اصطکاک برای سفرهای زیارتی می‌تواند تقریباً مسطح باشد یا شیب نزولی بسیار ملایمی داشته باشد. زائران حاضرند مسافت‌های بسیار طولانی را بدون کاهش مطلوبیت طی کنند. در مدل‌سازی ریاضی، این به معنای مقادیر c نزدیک به صفر در تابع گاما است که نشان می‌دهد مطلوبیت سفر با فاصله کاهش نمی‌یابد. این پدیده، برخلاف منطق اقتصادی معمول (کاهش تقاضا با افزایش هزینه)، نشان‌دهنده نوعی مطلوبیت ذاتی در خود مقصد است که هزینه سفر را بی‌اثر می‌کند.

سفرهای خانه-مبنای سایر (HBO) و همراهی (Escorting): این دسته شامل طیف وسیعی از اهداف مانند امور پزشکی، بانکی و همراهی مسافر است. همراهی مسافر: این سفرها (مانند رساندن فرزند به مدرسه) ذاتاً وابسته به سفر دیگری هستند و مدل‌سازی آن‌ها در ساختار کلاسیک چهار مرحله‌ای دشوار است. معمولاً این سفرها را بسیار کوتاه و با توابع اصطکاک تند مدل می‌کنند. سفرهای درمانی عمومی کوتاه (درمانگاه محلی) و سفرهای تخصصی (بیمارستان مرکزی) طولانی هستند. مدل‌سازی دقیق نیازمند تفکیک لایه‌های جذب بر اساس نوع خدمات درمانی است.

سفرهای غیرخانه‌مبنا (NHB: Non-Home-Based): سفرهای NHB (مانند رفتن از محل کار به رستوران برای ناهار) چالش‌برانگیزترین بخش توزیع سفر هستند زیرا هیچ‌یک از دو سر سفر به خانه متصل نیست، در حالی که داده‌های اجتماعی-اقتصادی معمولاً بر اساس خانوارها جمع‌آوری می‌شوند.

- ✓ **چالش اتصال**: توزیع این سفرها باید حتماً پس از توزیع سفرهای خانه-مبنا انجام شود، زیرا مبدا این سفرها معمولاً مقصد یک سفر خانه-مبنای قبلی است.
- ✓ **ویژگی مکانی**: این سفرها معمولاً بسیار کوتاه‌اند. برای مثال، سفر ناهار کارمندان در شعاع بسیار کوچکی اطراف محل کار انجام می‌شود. بنابراین، تابع اصطکاک NHB دارای تندترین شیب نزولی در بین تمام اهداف سفر است.
- ✓ **نحوه پرداخت**: در مدل‌سازی مدرن، تلاش می‌شود این سفرها از طریق زنجیره سفر و در قالب تورهای سفر دیده شوند، اما در مدل چهار مرحله‌ای کلاسیک، آن‌ها را به عنوان تابعی از جذابیت‌های تجاری و اداری نواحی با یک مدل تک‌محدودیتی توزیع می‌کنند.

مقایسه نهایی بین مدل فراتر و جاذبه، تقابل میان حفظ وضع موجود و تحلیل رفتاری است.

جدول ۳-۳۰ : مقایسه مدل توزیع سفر فراتر و جاذبه

معیار مقایسه	مدل فراتر (Growth Factor)	مدل جاذبه (Gravity)
ورودی اصلی	ماتریس کامل سال پایه	تولید/جذب نواحی + ماتریس امپدانس (Skim)
وابستگی به شبکه	ندارد (تغییرات شبکه دیده نمی‌شود)	بسیار زیاد (تابع مستقیم زمان و هزینه)
پیش‌بینی برای مناطق جدید	غیرممکن (مشکل سلول‌های صفر)	کاملاً ممکن (بر اساس پتانسیل ذاتی)
پایداری پیش‌بینی	بالا در کوتاه‌مدت	بالا در بلندمدت و تغییرات سناریو
فلسفه مدل	تعمیم ریاضی الگوهای گذشته	شبیه‌سازی رفتاری بر اساس فیزیک/آنتروپی
کاربرد بهینه	سفرهای عبوری (E-E)، بروزرسانی سریع	طرح‌های جامع، تحلیل اثرات احداث راه جدید

هر مدل توزیع سفر، فارغ از پیچیدگی ریاضی، نیازمند کالیبراسیون دقیق است. در مدل جاذبه، این فرآیند با تطبیق منحنی توزیع طول سفر (TLFD) مدل‌شده با داده‌های مشاهده‌ای انجام می‌شود. شاخص‌هایی نظیر نسبت همپوشانی برای سنجش دقت مدل استفاده می‌شوند که باید برای اهداف مهم بالای ۷۰ درصد باشند.

یکی از چالش‌های نوین، استفاده از ضرایب K برای اصلاح خطاهای مدل است. اگرچه این ضرایب تطابق آماری را بالا می‌برند، اما اعتبار رفتاری مدل را خدشه‌دار می‌کنند. در رویکردهای مدرن، توصیه می‌شود به جای استفاده از K-Factor، متغیرهای توصیف‌کننده جذابیت در تابع مطلوبیت بهبود یابند یا از مدل‌های مقصد-انتخاب مبتنی بر Logit استفاده شود که می‌توانند متغیرهای کیفی بیشتری را در انتخاب مقصد دخیل کنند.

در نهایت، انتخاب بین مدل فراتر و جاذبه باید بر اساس ماهیت مسئله، افق طرح و داده‌های در دسترس صورت گیرد. برای مطالعات کوتاه‌مدت مدیریت ترافیک، فراتر گزینه‌ای سریع و کم‌هزینه است، اما برای برنامه‌ریزی راهبردی بلندمدت و تحلیل سناریوهای توسعه شهری، مدل جاذبه با توابع گامای کالیبره شده، ابزاری بی‌بدیل و ضروری است.



شکل ۳-۴۵ : خلاصه مرحله توزیع سفر و مدل‌های رایج آن

جدول ۳-۳۱ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر شغلی

هدف سفر	نوع تابع مقاومت سفر	متغیر مستقل		ضرایب تابع مقاومت سفر					مقدار					امتیاز			
				a	b	c	چک C	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	چک طول	R^2	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	R^2	کل
شغلی	گاما	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-	-۱.۴۷۹۴۳	۰.۱۰۴۲	Not OK	۰.۹۳۵	۰.۰۵۳	Not OK	۰.۹۹	۱	۰.۷۹۹	۱	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-	-۱.۱۰۴۶	۰.۰۳۳۱	Not OK	۰.۸۷۹	۰.۰۷۲	Not OK	۰.۹۶۳	۰.۷۹۸	۰.۶۸۳	۰.۹۲۲	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-	-۱.۱۷۳۲۴	۰.۰۵۴۰	Not OK	۰.۸۴۳	۰.۰۶۹	Not OK	۰.۹۷۹	۰.۶۶۹	۰.۷۰۱	۰.۹۶۸	۰
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-	-۰.۹۳۱۹۶	-۰.۰۸۲۱	OK	۰.۷۰۰	-۰.۰۲	OK	۰.۹۱۳	۰.۱۵۱	۱	۰.۷۷۷	۱.۹۲۸
	نمایی	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-		-۰.۲۳۷۳	OK	۰.۷۷۳	۰.۱۲۳	Not OK	۰.۹	۰.۴۱۳	۰.۳۷۲	۰.۷۳۹	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-		-۰.۱۷۹۱	OK	۰.۷۸۰	۰.۰۴۸	OK	۰.۸۸۸	۰.۴۴	۰.۸۲۹	۰.۷۰۴	۱.۹۷۳
		ATD	مسافت در شبکه	-		-۰.۲۰۳۳	OK	۰.۷۴۹	۰.۱۸۴	Not OK	۰.۷۷۸	۰.۳۲۹	۰	۰.۳۸۶	۰
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-		-۰.۳۳۵۰	OK	۰.۶۵۸	۰.۱۰۶	Not OK	۰.۶۴۵	۰	۰.۴۷۶	۰	۰

جدول ۳-۳۲ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر تحصیلی

هدف سفر	نوع تابع مقاومت سفر	متغیر مستقل		ضرایب تابع مقاومت سفر					مقدار					امتیاز			
				a	b	c	چک C	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	چک طول	R^2	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	R^2	کل
تحصیلی	گاما	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-	-۱.۵۹۴۸۹	۰.۱۱۸۹	Not OK	۰.۶۴۱	۰.۱۶۳	Not OK	۰.۹۰۲	۰	۰.۲۸۳	۰.۳۴۱	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-	-۱.۰۷۵۹۷	-۰.۰۶۰۶	OK	۰.۹۰۵	۰.۰۹۸	Not OK	۰.۹۵۵	۱	۰.۶۵۹	۰.۷۲۵	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-	-۰.۷۷۵۰۸	-۰.۱۹۴۵	OK	۰.۸۸۰	۰.۰۴۸	OK	۰.۹۱۸	۰.۹۰۷	۰.۹۴۸	۰.۴۵۷	۲.۳۱۲
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-	-۰.۸۸۰۲۴	-۰.۱۵۳۸	OK	۰.۸۲۷	۰.۰۳۹	OK	۰.۹۹۳	۰.۷۰۴	۱	۱	۲.۷۰۴
	نمایی	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-		-۰.۲۷۳۹	OK	۰.۶۷۳	۰.۲۱۲	Not OK	۰.۸۶۵	۰.۱۲۲	۰	۰.۰۷۲	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-		-۰.۲۶۸۰	OK	۰.۷۸۷	۰.۱۴۵	Not OK	۰.۹۰۹	۰.۵۵۲	۰.۳۸۷	۰.۳۹۱	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-		-۰.۳۸۵۱	OK	۰.۷۷۲	۰.۱۶۱	Not OK	۰.۸۵۵	۰.۴۹۵	۰.۲۹۵	۰	۰
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-		-۰.۴۲۹۷	OK	۰.۷۸۲	۰.۱۲۲	Not OK	۰.۹۶۵	۰.۵۳۳	۰.۵۲	۰.۷۹۷	۰

جدول ۳-۳۳ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر خرید

هدف سفر	نوع تابع مقاومت سفر	متغیر مستقل		ضرایب تابع مقاومت سفر					مقدار					امتیاز			
				a	b	c	چک C	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	چک طول	R^2	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	R^2	کل
خرید	گاما	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-	-۱.۱۵۰۷۸	-۰.۰۳۶۲	OK	۰.۸۳۳	۰.۱۸۶	Not OK	۰.۸۰۱	۰.۸۵۷	۰.۴۲۹	۰.۳۵۲	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-	-۱.۷۳۷۳۳	-۰.۰۸۱۰	OK	۰.۶۶۵	۰.۰۴۹	OK	۰.۹۴۶	۰.۳۰۹	۰.۹۴	۰.۹۰۸	۲.۱۵۷
		ATD	مسافت در شبکه	-	-۰.۷۶۹۳۱	-۰.۳۵۹۹	OK	۰.۸۱۶	۰.۰۳۳	OK	۰.۸۸۹	۰.۸۰۳	۱	۰.۶۹	۲.۴۹۳
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-	-۲.۱۸۳۹۴	۰.۳۷۹۷	Not OK	۰.۸۷۶	۰.۱۳۲	Not OK	۰.۹۷	۱	۰.۶۳۱	۱	۰
	نمایی	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-		-۰.۳۹۴۶	OK	۰.۷۵۸	۰.۱۹۲	Not OK	۰.۷۳۱	۰.۶۱۴	۰.۴۰۷	۰.۰۸۴	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-		-۰.۱۹۵۲	OK	۰.۵۷۱	۰.۳۰۱	Not OK	۰.۷۰۹	۰	۰	۰	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-		-۰.۵۶۰۹	OK	۰.۶۹۴	۰.۱۳۴	Not OK	۰.۷۴۷	۰.۴۰۳	۰.۶۲۳	۰.۱۴۶	۰
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-		-۰.۳۸۹۹	OK	۰.۶۷۶	۰.۲۶۴	Not OK	۰.۷۷۶	۰.۳۴۴	۰.۱۳۸	۰.۲۵۷	۰

جدول ۳-۳۴ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر تفریح

هدف سفر	نوع تابع مقاومت سفر	متغیر مستقل		ضرایب تابع مقاومت سفر					مقدار					امتیاز			
				a	b	c	چک C	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	چک طول	R^2	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	R^2	کل
تفریح	گاما	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-	-۱.۱۰۹	-۰.۰۳۷۷	OK	۰.۹۳۱	۰.۰۴۲	OK	۰.۹۹۴	۱	۰.۹۹۳	۱	۲.۹۹۳
		ATT	زمان سفر در شبکه	-	-۱.۱۹۵۵۵	۰.۰۱۶۸	Not OK	۰.۸۶۷	۰.۰۶۷	Not OK	۰.۹۵	۰.۸۱۹	۰.۸۲۱	۰.۸۲۵	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-	-۰.۰۷۴۲۲	-۰.۴۵۴۵	OK	۰.۵۷۹	-۰.۰۴۸	OK	۰.۹۲۹	۰	۰.۹۵۲	۰.۷۴۲	۱.۶۹۴
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-	-۰.۹۱۳۱۷	-۰.۰۵۵۵	OK	۰.۸۷۰	۰.۰۶۴	Not OK	۰.۹۵۳	۰.۸۲۵	۰.۸۴۱	۰.۸۳۷	۰
	نمایی	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-		-۰.۳۴۹۲	OK	۰.۸۳۰	۰.۰۶۴	Not OK	۰.۹۵۲	۰.۷۱۳	۰.۸۴۱	۰.۸۳۳	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-		-۰.۱۹۰۹	OK	۰.۷۲۸	۰.۱۷۲	Not OK	۰.۷۸	۰.۴۲۵	۰.۰۹۷	۰.۱۵۱	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-		-۰.۴۷۱۴	OK	۰.۵۸۸	-۰.۰۴۱	OK	۰.۹۲۱	۰.۰۲۷	۱	۰.۷۱	۱.۷۳۷
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-		-۰.۳۰۶۹	OK	۰.۷۲۶	۰.۱۸۶	Not OK	۰.۷۴۲	۰.۴۱۷	۰	۰	۰

جدول ۳-۳۵ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای هدف سفر سایر

هدف سفر	نوع تابع مقاومت سفر	متغیر مستقل		ضرایب تابع مقاومت سفر					مقدار					امتیاز			
				a	b	c	چک C	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	چک طول	R^2	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	R^2	کل
سایر	گاما	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-	-۱.۱۸۸۰۸	۰.۰۱۳۰	Not OK	۰.۸۸۰	۰.۰۸۶	Not OK	۰.۹۷	۰.۸۸۸	۰.۴۳۹	۰.۸۴۹	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-	-۱.۲۵۲۸۲	۰.۰۲۲۷	Not OK	۰.۸۵۶	۰.۰۷	Not OK	۰.۹۷۸	۰.۷۲۲	۰.۵۵۴	۰.۹۲۵	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-	-۰.۹۹۹۷۵	-۰.۰۴۹۶	OK	۰.۸۹۶	۰.۰۶	Not OK	۰.۹۸۶	۱	۰.۶۲۶	۱	۰
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-	-۰.۹۰۹۱۸	-۰.۱۳۸۸	OK	۰.۸۵۲	-۰.۰۰۸	OK	۰.۹۶۸	۰.۶۹۴	۱	۰.۸۳	۲.۵۲۴
	نمایی	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-		-۰.۳۲۰۹	OK	۰.۸۰۵	۰.۰۷۶	Not OK	۰.۹۶۹	۰.۳۶۶	۰.۵۱۱	۰.۸۴	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-		-۰.۱۹۸۳	OK	۰.۷۵۳	۰.۱۴۷	Not OK	۰.۸۸	۰	۰	۰	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-		-۰.۳۳۹۱	OK	۰.۸۰۱	۰.۰۹۶	Not OK	۰.۹۲۷	۰.۳۳۶	۰.۳۶۷	۰.۴۴۳	۰
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-		-۰.۴۴۱۵	OK	۰.۷۸۹	۰.۰۴۱	OK	۰.۹۰۱	۰.۲۵۵	۰.۷۶۳	۰.۱۹۸	۱.۲۱۶

جدول ۳-۳۶ : نتایج پرداخت مدل جاذبه برای سفرهای غیرخانه مبنا

هدف سفر	نوع تابع مقاومت سفر	متغیر مستقل		ضرایب تابع مقاومت سفر					مقدار					امتیاز			
				a	b	c	چک C	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	چک طول	R^2	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	R^2	کل
غیر خانه مبنا	گاما	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-	-۰.۹۱۲۷۶	-۰.۰۰۹۲	OK	۰.۸۱۳	۰.۱۱۴	Not OK	۰.۹۵۴	۰.۶۷۸	۰.۲۷	۰.۴۳۹	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-	-۰.۸۳۹۱۴	-۰.۰۴۱۳	OK	۰.۸۵۷	۰.۰۷۲	Not OK	۰.۹۶	۰.۹۴۶	۰.۵۴۶	۰.۵۴۴	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-	-۰.۸۵۱۶۳	-۰.۰۶۹۷	OK	۰.۸۶۵	۰.۰۰۳	OK	۰.۹۲۹	۱	۱	۰	۲
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-	-۰.۶۰۵۰۵	-۰.۱۲۱۴	OK	۰.۷۰۴	۰.۰۴۷	OK	۰.۹۸۶	۰	۰.۷۱۱	۱	۱.۷۱۱
	نمایی	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-		-۰.۲۲۷۹	OK	۰.۷۸۳	۰.۱۵۵	Not OK	۰.۹۴۱	۰.۴۹۱	۰	۰.۲۱۱	۰
		ATT	زمان سفر در شبکه	-		-۰.۱۹۴۸	OK	۰.۸۲۱	۰.۱۳۳	Not OK	۰.۹۳۸	۰.۷۲۵	۰.۱۴۵	۰.۱۵۸	۰
		ATD	مسافت در شبکه	-		-۰.۳۳۹۱	OK	۰.۸۰۱	۰.۱۳	Not OK	۰.۹۶۵	۰.۶۰۱	۰.۱۶۴	۰.۶۳۲	۰
		DTD	فاصله مستقیم هوایی	-		-۰.۳۴۴۲	OK	۰.۸۵۲	۰.۰۹۷	Not OK	۰.۹۷۴	۰.۹۱۷	۰.۳۸۲	۰.۷۸۹	۰

جدول ۳-۳۷ : خلاصه بهترین مدل‌های توزیع سفر پیشنهادی به تفکیک اهداف سفر

هدف سفر	نوع تابع مقاومت سفر	متغیر مستقل		ضرایب تابع مقاومت سفر			مقدار		
				a	b	c	ضریب تطابق	اختلاف نسبی طول سفرها	R^2
شغلی	گاما	ATT	زمان سفر در شبکه	-	۰	-۰.۱۷۹۱۴	۰.۷۸۰	۰.۰۴۸	۰.۸۸۸
تحصیلی	گاما	DTD	فاصله مستقیم هوایی	-	-۰.۸۸۰۲۴۳	-۰.۱۵۳۷۶	۰.۸۲۷	۰.۰۳۹	۰.۹۹۳
خرید	گاما	ATD	مسافت در شبکه	-	-۰.۷۶۹۳۱۴	-۰.۳۵۹۹۱	۰.۸۱۶	۰.۰۳۳	۰.۸۸۹
تفریح	گاما	FTT	زمان سفر آزاد در شبکه	-	-۱.۱۰۹۰۰۲	-۰.۰۳۷۶۸	۰.۹۳۱	۰.۰۴۲	۰.۹۹۴
سایر	گاما	DTD	فاصله مستقیم هوایی	-	-۰.۹۰۹۱۷۹	-۰.۱۳۸۸۳	۰.۸۵۲	-۰.۰۰۸	۰.۹۶۸
غیر خانه مبنا	گاما	ATD	مسافت در شبکه	-	-۰.۸۵۱۶۳۳	-۰.۰۶۹۶۶	۰.۸۶۵	۰.۰۰۳	۰.۹۲۹

۱۵-۲-۳- تفکیک سفر (انتخاب وسیله سفر)

مدل‌سازی تقاضای سفر، هسته مرکزی فرآیند برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری و منطقه‌ای را تشکیل می‌دهد. در پارادایم سنتی که از دهه ۱۹۵۰ میلادی تکامل یافته است، فرآیند چهار مرحله‌ای (Four-Step Model - FSM) به عنوان چارچوب استاندارد برای پیش‌بینی جریان‌های ترافیکی و ارزیابی زیرساخت‌ها شناخته می‌شود. این فرآیند سیستماتیک، تصمیم‌گیری پیچیده سفر را به چهار گام متوالی و متمایز تجزیه می‌کند.

- **ایجاد سفر**: محاسبه تعداد سفرهای تولید شده و جذب شده در هر ناحیه ترافیکی (TAZ) بر اساس ویژگی‌های کاربری زمین و اجتماعی-اقتصادی.
- **توزیع سفر**: اتصال نواحی تولید و جذب برای ایجاد ماتریس مبدأ-مقصد (O-D) که نشان‌دهنده جریان فضایی سفرهاست.
- **تفکیک شیوه سفر**: تعیین سهم هر یک از وسایل نقلیه (مانند خودروی شخصی، حمل‌ونقل همگانی، پیاده‌روی و غیره) از مجموع سفرهای توزیع شده.
- **تخصیص ترافیک**: مسیریابی سفرها در شبکه حمل‌ونقل و تعیین حجم ترافیک روی هر کمان.

گام سوم، یعنی تفکیک شیوه سفر، به عنوان نقطه اتصال میان تقاضای فضایی (کجا رفتن) و عرضه شبکه (چگونه رفتن) عمل می‌کند. این مرحله از نظر رفتاری پیچیده‌ترین گام محسوب می‌شود، زیرا مستقیماً با ترجیحات، محدودیت‌ها و روانشناسی تصمیم‌گیری انسان سروکار دارد. خروجی این مدل، ماتریس‌های سفر تفکیک‌شده بر اساس وسیله است که ورودی حیاتی برای گام تخصیص و تحلیل‌های ظرفیت شبکه محسوب می‌شود.

تاریخچه مدل‌سازی تفکیک سفر نشان‌دهنده گذار از مدل‌های فیزیکی و جبری به مدل‌های رفتاری و احتمالی است.

دوران منحنی‌های انحراف[۱]: در سال‌های ابتدایی (مانند مطالعه CATS در ۱۹۵۹)، تحلیلگران از منحنی‌های تجربی استفاده می‌کردند که سهم حمل‌ونقل عمومی را صرفاً تابعی از نسبت زمان یا هزینه سفر نسبت به خودرو می‌دانستند. این مدل‌های کل‌نگر یا هم فزون[۲] رفتار را در سطح ناحیه مدل‌سازی می‌کردند و قادر به تبیین تفاوت‌های فردی نبودند.

ظهور مدل‌های انتخاب گسسته (Discrete Choice Models): در اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل ۱۹۷۰، پژوهشگران با بهره‌گیری از نظریه اقتصاد خرد مصرف‌کننده (به‌ویژه کارهای لنکستر در خصوص مطلوبیت ویژگی‌مبنا) و نظریه روانشناسی ریاضی، پارادایم جدیدی را بنا نهادند. دنیل مک‌فادن با پیوند دادن توزیع‌های آماری خطا به نظریه مطلوبیت، مدل‌های ناهم‌فزون[۳] را توسعه داد که واحد تحلیل را از ناحیه به فرد تغییر داد. این رویکرد، که بعدها جایزه نوبل

[۱] Diversion Curves
[۲] Aggregate
[۳] Disaggregate

اقتصاد را برای مک‌فادن به ارمغان آورد، پایه و اساس تمام مدل‌های مدرن تفکیک سفر است که در بخش از گزارش تشریح خواهند شد.

- مدل‌های تفکیک شیوه سفر ابزار اصلی برای پاسخگویی به سوالات سیاستی حیاتی هستند، از جمله:
- تأثیر احداث یک خط جدید مترو یا BRT بر کاهش استفاده از خودروی شخصی چقدر است؟
- افزایش قیمت سوخت یا اعمال عوارض تراکم[1] چه تغییری در سهم سفرها ایجاد می‌کند؟
- تغییرات دموگرافیک (مانند سالمندی جمعیت) چه اثری بر الگوی انتخاب وسیله دارد؟

دقت در این مرحله مستقیماً بر صحت برآوردهای درآمد پروژه، تحلیل‌های زیست‌محیطی (انتشار آلاینده‌ها) و عدالت اجتماعی تأثیر می‌گذارد.

الف. نظریه مطلوبیت تصادفی[2]

زیربنای ریاضی و رفتاری مدل‌های انتخاب گسسته، نظریه مطلوبیت تصادفی (RUT) است. این نظریه چارچوبی را فراهم می‌کند تا عدم قطعیت‌های موجود در تصمیم‌گیری انسان و محدودیت‌های مشاهده‌گر (مدل‌ساز) را به صورت ریاضی فرمول‌بندی نمود.

اصل عقلانیت: فرض بنیادین این است که هر تصمیم‌گیرنده n (فرد یا خانوار) رفتاری عقلایی دارد. فرد با مجموعه‌ای از گزینه‌های در دسترس (مجموعه انتخاب C_n) مواجه است و گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که بیشترین مطلوبیت (U) را برای او فراهم کند. مطلوبیت یک شاخص عددی انتزاعی است که جذابیت نسبی یک گزینه را نشان می‌دهد. شرط انتخاب گزینه i توسط فرد n عبارت است از:

$$U_{ni} > U_{nj} \quad \forall j \in C_n, j \neq i$$

نظریه RUT اذعان دارد که مدل‌ساز نمی‌تواند تمام جنبه‌های مطلوبیت را مشاهده یا اندازه‌گیری کند. بنابراین، مطلوبیت کل (U_{ni}) به دو مولفه جمع‌پذیر تجزیه می‌شود:

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni}$$

مطلوبیت سیستماتیک یا قطعی (V_{ni}): بخشی از مطلوبیت که تابعی از متغیرهای قابل مشاهده است. این متغیرها (X) شامل ویژگی‌های گزینه (زمان سفر، هزینه، راحتی) و ویژگی‌های فرد (درآمد، سن، مالکیت خودرو) هستند. فرم تابعی معمولاً خطی در پارامترها (β) فرض می‌شود:

[1] Congestion Pricing
[2] Random Utility Theory

$$V_{ni} = \sum_{k} \beta_k X_{nik}$$

ضرایب β نشان‌دهنده وزن یا اهمیت هر ویژگی در شکل‌دهی به مطلوبیت هستند.

مطلوبیت تصادفی یا جمله خطا (ε_{ni}): این بخش شامل تمام اثراتی است که برای مدل‌ساز ناشناخته است، از جمله:

- ویژگی‌های مشاهده‌نشده (مانند زیبایی منظر مسیر یا موسیقی داخل خودرو).
- تفاوت‌های سلیقه‌ای مشاهده‌نشده بین افراد.
- خطاهای اندازه‌گیری در متغیرهای ورودی.
- خطاهای تقریبی در فرم تابعی V.

از آنجا که ε_{ni} یک متغیر تصادفی است، پیش‌بینی قطعی انتخاب غیرممکن است. در عوض، احتمال انتخاب هر گزینه محاسبه می‌گردد:

$$P_{ni} = P\left(U_{ni} > U_{nj}\ , \forall j \neq i\right)$$

$$P_{ni} = P\left(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}\ , \forall j \neq i\right)$$

$$P_{ni} = P\left(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} > V_{ni} - V_{nj}\ , \forall j \neq i\right)$$

این رابطه نشان می‌دهد که احتمال انتخاب گزینه i برابر با احتمال تجمعی[1] است که تفاضل خطاها کمتر از تفاضل مطلوبیت‌های سیستماتیک باشد. نوع توزیع آماری که برای بردار خطاها (ε) فرض می‌شود، ساختار ریاضی مدل نهایی را تعیین می‌کند. دو فرض اصلی عبارتند از:

- ✓ توزیع گامبل (Gumbel) یا ارزش نهایی نوع اول: منجر به خانواده مدل‌های لوجیت (Logit) می‌شود.
- ✓ توزیع نرمال چندمتغیره (Multivariate Normal): منجر به مدل پروبیت (Probit) می‌شود.

ب. مدل لوجیت چند جمله‌ای[2]

مدل MNL، اسب کاری (Workhorse) صنعت مدل‌سازی حمل‌ونقل است. به دلیل سادگی ریاضی، سرعت محاسباتی بالا و تفسیرپذیری نتایج، بیشترین کاربرد را در مطالعات عملی دارد.

مدل MNL بر پایه سه فرض کلیدی در مورد جملات خطا (ε_{ni}) استوار است:

- ✓ استقلال (Independence): خطاها بین گزینه‌ها مستقل هستند ($Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$)

[1] Joint Cumulative Probability
[2] Multinomial Logit - MNL

- ✓ توزیع یکسان (Identically Distributed): واریانس خطاها برای تمام گزینه‌ها برابر است (Homoscedasticity)
- ✓ توزیع گامبل: خطاها از توزیع Gumbel (یا Type I Extreme Value) پیروی می‌کنند.

لازم به ذکر است که دو فرض اول به فرض‌های IID معروف هستند.

تابع چگالی احتمال (PDF) و تابع توزیع تجمعی (CDF) برای توزیع گامبل با پارامتر مکان η و پارامتر مقیاس μ به صورت زیر است:

$$f(\varepsilon) = \mu e^{-\mu(\varepsilon-\eta)} e^{-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}}$$

$$F(\varepsilon) = e^{-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}}$$

با انجام عملیات جبری و تغییر متغیر، به رابطه معروف لوجیت همگرا می‌شود:

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{j \in C} e^{V_{nj}}}$$

این فرمول نشان می‌دهد که احتمال انتخاب هر گزینه تابعی نمایی از مطلوبیت سیستماتیک آن نسبت به مجموع مطلوبیت‌های نمایی تمامی گزینه‌هاست. شکل S-curve (سیگموئید) این تابع، ویژگی اشباع را نشان می‌دهد: با افزایش مطلوبیت، احتمال به ۱ میل می‌کند اما هرگز از آن تجاوز نمی‌کند.

مهم‌ترین ویژگی نظری MNL که مستقیماً از فرض استقلال خطاها ناشی می‌شود، خاصیت IIA است. این ویژگی بیان می‌کند که نسبت احتمال انتخاب دو گزینه i و k تنها به مطلوبیت‌های همان دو گزینه وابسته است و از وجود یا ویژگی‌های سایر گزینه‌ها در مجموعه انتخاب مستقل است.

$$\frac{P_{ni}}{P_{nj}} = \frac{\frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{k \in C} e^{V_{nk}}}}{\frac{e^{V_{nj}}}{\sum_{k \in C} e^{V_{nk}}}} = \frac{e^{V_{ni}}}{e^{V_{nj}}} = e^{V_{ni}-V_{nj}}$$

اگرچه IIA برآورد مدل را بسیار ساده می‌کند (چون می‌توان مدل را روی زیرمجموعه‌ای از گزینه‌ها برازش کرد)، اما در بسیاری از موارد با واقعیت رفتاری در تضاد است. مثال کلاسیک اتوبوس قرمز و آبی این نقیصه را آشکار می‌کند:

فرض کنید فردی بین خودرو (C) و اتوبوس قرمز (R) با مطلوبیت برابر انتخاب می‌کند (احتمال هر کدام ۵۰ درصد).

حال اگر یک اتوبوس آبی (B) دقیقاً با ویژگی‌های اتوبوس قرمز اضافه شود، در واقعیت انتظار می‌رود سهم خودرو ۵۰ درصد باقی بماند و سهم اتوبوس (۵۰ درصد) بین دو رنگ تقسیم شود.(P_C=۰,۵, P_R=۰,۲۵, P_B=۰,۲۵)

اما مدل MNL به دلیل IIA پیش‌بینی می‌کند که هر سه شیوه دارای سهمی برابر با یکدیگر و برابر با ۳۳ درصد دارند.

این پیش‌بینی غلط ناشی از نادیده گرفتن همبستگی کامل بین خطاهای دو اتوبوس است. MNL آنها را گزینه‌های کاملاً متمایز می‌بیند، در حالی که در ذهن مسافر آن‌ها مشابه هستند.

پارامترهای مدل (β) با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی (MLE) برآورد می‌شوند. تابع لگاریتم درست‌نمایی (LL) برای نمونه‌ای با N مشاهده به صورت زیر است:

$$LL(\beta) = \sum_n \sum_i y_{ni} ln\left(P_{ni}(\beta)\right)$$

که y_{ni} یک متغیر شاخص است (یک اگر فرد n گزینه i را انتخاب کرده باشد، در غیر این صورت صفر). الگوریتم‌های بهینه‌سازی عددی مانند نیوتن-رافسون برای یافتن مقادیر β که LL را ماکزیمم می‌کنند، استفاده می‌شوند.

بر آشنایی با ویژگی‌های سایر مدل‌های انتخاب گسسته کلیات این مدل‌ها در جدول زیر تشریح شده است.

جدول ۳-۳۸ : مقایسه اجمالی انواع مدل های انتخاب گسسته

معیار مقایسه	لوجیت چندجمله‌ای (MNL)	لوجیت آشیانه‌ای (NL)	لوجیت مختلط (MIXL)	پروبیت (MNP)
توزیع خطا	IID Gumbel	Generalized Extreme Value	Mixture (Gumbel + Normal/Other)	Multivariate Normal
فرضیه IIA	دارد (سخت‌گیرانه)	تا حدی رفع شده (درون آشیانه)	ندارد (کاملاً رفع شده)	ندارد
مدل‌سازی همبستگی	امکان‌پذیر نیست	ساختار درختی از پیش تعیین شده	ساختار آزاد (Error Components)	ساختار آزاد (Covariance Matrix)
ناهمگنی سلیقه	ندارد (ضرایب ثابت)	ندارد	دارد (پارامترهای تصادفی)	قابل پیاده‌سازی (پیچیده)
پیچیدگی برآورد	کم (تحلیلی، بسیار سریع)	متوسط (تحلیلی)	زیاد (شبیه‌سازی MSL)	بسیار زیاد (شبیه‌سازی GHK)
فرم بسته احتمال	دارد	دارد	ندارد (انتگرال باز)	ندارد (انتگرال باز)
کاربرد عملی	استاندارد پایه، پروژه‌های ساده	استاندارد پروژه‌های مودال	پروژه‌های تحقیقاتی و پیچیده	کمتر رایج (به دلیل پیچیدگی)



شکل ۳-۴۶ : خلاصه مرحله تفکیک شیوه سفر و مدل‌های پرکاربرد آن

جدول ۳-۳۹ : مدل تفکیک شیوه پرداخت شده

شیوه سفر	متغیر مستقل	نماد	شغلی	تحصیلی	خرید	تفریحی	سایر	غیرخانه‌مبنا
شخصی	عدد ثابت	ASC-Car	۱.۱۵۰۰	۱.۸۰۰۰	۱.۴۴۰۰	۰.۷۸۲۰	۱.۰۲۰۰	۲.۶۹۰۰
	زمان سفر با خودرو شخصی	TT-Car						
	زمان سفر آزاد با خودرو شخصی	FT-Car						
	سرانه مالکیت خودرو شخصی	CarPC	۰.۹۵۳۰		۱.۵۹۰۰	۲.۳۶۰۰	۲.۴۸۰۰	۳.۴۳۰۰
	فاصله زمینی	DIS	-۰.۰۹۹۰	-۰.۱۳۱۰	-۰.۳۴۶۰	-۰.۲۳۹۰	-۰.۳۱۷۰	-۰.۱۷۸۰
تاکسی	عدد ثابت	ASC-Taxi	-۰.۴۲۰۰	۱.۵۲۰۰	۰.۹۱۹۰	-۰.۶۳۵۰	۱.۳۵۰۰	۲.۶۳۰۰
	زمان سفر با تاکسی	TT-Taxi		-۰.۰۳۰۸				-۰.۱۱۳۰
	فاصله زمینی	DIS	-۰.۰۵۴۰		-۰.۳۰۶۰	-۰.۲۵۳۰	-۰.۴۲۵۰	
	سرانه مالکیت خودرو شخصی	CarPC	-۰.۳۵۹۰	-۰.۲۵۷۰	۰.۸۴۴۰	۳.۰۶۰۰	-۰.۶۶۳۰	۱.۳۹۰۰
تاکسی اینترنتی	عدد ثابت	ASC-Etaxi						
	سرانه مالکیت خودرو شخصی	CarPC		-۰.۸۴۷۰				
	طول سفر کمتر از ۳ کیلومتر	DIS3			-۰.۶۱۵۰		-۰.۲۸۵۰	
	فاصله زمینی	DIS			-۰.۲۴۷۰	-۰.۲۶۰۰	-۰.۲۹۰۰	
	نسبت فاصله زمینی به ۱.۱۵ برابر زمان سفر با خودرو شخصی	DIS/(1.15*TT-Car)		۰.۰۶۰۳				۰.۸۹۶۰
همگانی	عدد ثابت	ASC-Transit	-۲.۹۱۰۰	-۰.۸۰۸۰	-۰.۸۷۷۰	-۲.۵۱۰۰	-۱.۳۵۰۰	-۰.۰۹۵۳
	زمان سفر داخل وسیله	IVT						-۰.۰۶۸۴
	تعداد جابجایی خط	NTR					-۰.۴۸۸۰	
	زمان انتظار در مبدا	OWT	-۰.۱۴۱۰	-۰.۰۵۹۵				
	زمان پیاده‌روی	WKT			-۰.۰۱۲۶	-۰.۰۱۶۰		
	مسافت پیاده‌روی	WKD	-۰.۰۷۴۰					
	زمان سفر همگانی	JRT			-۰.۰۱۴۴	-۰.۰۰۸۳	-۰.۰۲۸۹	
پیاده	عدد ثابت	ASC-Active		۲.۸۹۰۰	۱.۵۹۰۰	۱.۷۵۰۰	۱.۷۵۰۰	۲.۱۵۰۰
	فاصله زمینی	DIS	-۰.۳۹۱۰	-۰.۳۷۷۰	-۰.۳۵۸۰	-۰.۴۴۸۰	-۰.۴۸۸۰	-۰.۲۵۶۰
	طول سفر کمتر از ۱ کیلومتر	DIS1	۰.۴۶۵۰	۰.۶۲۰۰	۱.۹۲۰۰	۰.۸۳۰۰	۰.۸۳۳۰	۱.۱۷۰۰
$LL0$			-۲۶۳۰۱۰.۳	-۳۶۳۶۹۹.۲	-۲۷۲۷۸۵.۲	-۲۶۷۰۳۴.۷	-۲۰۷۷۵۲.۷	-۱۲۱۱۹۵.۵
LLC			-۲۴۲۸۷۵.۵	-۲۹۹۶۹۵.۴	-۲۱۸۷۷۱.۸	-۲۰۹۱۰۱.۷	-۱۶۵۴۹۵.۴	-۸۰۵۷۴.۹
LLb			-۲۳۲۹۶۵.۱	-۲۸۲۴۹۲.۹	-۱۹۷۶۶۱.۴	-۱۹۸۹۳۰.۹	-۱۵۸۴۸۲.۵	-۷۷۹۸۹.۴
ρ^2			۰.۱۱۴	۰.۲۲۳	۰.۲۷۵	۰.۲۵۵	۰.۲۳۷	۰.۳۵۶
ρ_c^2			۰.۰۴۱	۰.۰۵۷	۰.۰۹۶	۰.۰۴۹	۰.۰۴۲	۰.۰۳۲

۱۶-۲-۳- تعیین ضرایب (ساخت مدل‌های انتخاب) زمان روز برای ساعات اوج صبح، اوج ظهر، اوج عصر، غیراوج و تمام روز

در فرآیند مدل‌سازی تقاضای حمل‌ونقل، برآورد تقاضای سفر معمولاً بر اساس دوره روزانه و با استفاده از مفهوم «تولید و جذب» (PA) انجام می‌پذیرد. با این حال، جهت طراحی و تحلیل عملکرد شبکه حمل‌ونقل و تخصیص ترافیک، ماتریس‌های سفر روزانه (۲۴ ساعته) به تنهایی کفایت نمی‌کنند. شبکه حمل‌ونقل باید برای شرایط بحرانی (ساعات اوج) طراحی شود. از این‌رو، تبدیل ماتریس‌های تولید-جذب روزانه به ماتریس‌های مبدأ-مقصد (OD) در بازه‌های زمانی مشخص (مانند اوج صبح، اوج ظهر، اوج عصر و غیر اوج)، امری ضروری است. این فرآیند تحت عنوان مدل‌های زمان روز شناخته می‌شود.

بر اساس نمودار جریان فرآیند (شکل ۱۸-۸ در ضابطه ۸۰۱)، جایگاه مدل زمان روز در مدل‌های چهار مرحله‌ای کلاسیک حائز اهمیت ویژه است. رویکرد مرسوم و توصیه شده در دستورالعمل، اعمال مدل زمان روز پس از مدل تفکیک وسیله و قبل از تخصیص ترافیک است.

دلایل فنی جایابی مدل پس از تفکیک وسیله:

- ✓ **عدم همبستگی وسیله در رفت و برگشت**: اگر مدل زمان روز قبل از تفکیک وسیله اعمال شود، باید مدل‌های تفکیک وسیله را برای مبدأ-مقصدهای دوره‌های زمانی مختلف به صورت مجزا ساخت. این امر باعث دشواری در لحاظ کردن همبستگی بین انتخاب وسیله در سفرهای رفت و برگشت می‌شود (مثلاً فردی که با خودروی شخصی به کار می‌رود، احتمالاً با همان وسیله باز می‌گردد).
- ✓ **کفایت آماری و دقت مدل**: اعمال مدل زمان روز قبل از تفکیک وسیله، موجب خرد شدن ماتریس‌ها (حاصل‌ضرب تعداد دوره‌های زمانی در تعداد اهداف) می‌شود. این امر تعداد داده‌های مورد نیاز برای کالیبراسیون مدل تفکیک وسیله را به شدت افزایش می‌دهد (تا ۲۰ برابر). کاهش تعداد داده‌ها در هر سلول ماتریس، موجب افت دقت مدل‌سازی و عدم کفایت آماری نمونه‌ها می‌گردد.

بنابراین، رویه استاندارد بدین صورت است که ابتدا سهم وسایل سفر در قالب ماتریس‌های تولید-جذب روزانه مشخص گردد و سپس ضرایب زمان روز بر خروجی مدل تفکیک وسیله اعمال شود.

به طور کلی دو رویکرد اصلی برای برآورد ضرایب زمان روز و تبدیل ماتریس‌های PA به OD وجود دارد:

- **روش مبتنی بر ضرایب**[1]: استفاده از ضرایب ثابت استخراج شده از آمارگیری‌ها.

[1] Factor-based

- **روش مبتنی بر مدل‌های انتخاب**[1]: مدل‌سازی احتمال انتخاب زمان شروع سفر بر اساس مطلوبیت.

در دستورالعمل حاضر، تمرکز بر روش‌های مبتنی بر ضرایب و تحلیل رفتار سفر در بازه‌های زمانی است. انتخاب زمان شروع سفر تابعی از انعطاف‌پذیری فعالیت‌هاست (به عنوان مثال سفرهای کاری و تحصیلی انعطاف‌پذیری کمتری نسبت به سفرهای خرید دارند).

هدف اصلی در این مرحله، تبدیل مفهوم «تولید و جذب» (که مکان خانه و غیرخانه را نشان می‌دهد) به مفهوم «مبدأ و مقصد» (که جهت واقعی حرکت در شبکه را نشان می‌دهد) است. در یک بازه ۲۴ ساعته کامل، فرض بر این است که تمامی حلقه‌های سفر تکمیل می‌شوند؛ یعنی هر فردی که از خانه خارج می‌شود، در نهایت به خانه باز می‌گردد. بنابراین در مقیاس شبانه‌روز:

$$F_{PA} = F_{AP} = ۱$$

اما در بازه‌های زمانی کوچکتر (مثلاً اوج صبح ۷ تا ۸)، تعداد سفرهایی که از محل تولید (خانه) به محل جذب (کار) انجام می‌شود با تعداد سفرهای برگشت برابر نیست. معمولاً در اوج صبح، حجم غالب سفرها از تولید به جذب است.

برای ساخت ماتریس مبدأ–مقصد در یک بازه زمانی خاص (OD_{matrix})، از رابطه ۳۷-۸ ضابطه ۸۰۱ استفاده می‌شود:

$$OD_{matrix} = \frac{۱}{۲} \times [F_{PA} \times Daily_{PA} + F_{AP} \times Daily_{PA}^{T}]$$

که در آن:

- $Daily_{PA}$: ماتریس مبتنی بر مفهوم تولید-جذب روزانه (۲۴ ساعته) با هدف مورد نظر.
- $Daily_{PA}^{T}$: ترانهاده ماتریس مبتنی بر مفهوم تولید-جذب (جهت بازگشت).
- F_{PA}: ضریب سهم سفرها در دوره زمانی مورد نظر در جهت "تولید به جذب".
- F_{AP}: ضریب سهم سفرها در دوره زمانی مورد نظر در جهت "جذب به تولید"

رابطه ۳۸-۸ ضابطه ۸۰۱، فرمول جامع‌تری را برای محاسبه درایه‌های ماتریس مبدأ–مقصد ($X(O/D)_{ij}$) با تفکیک اهداف سفر ارائه می‌دهد:

$$X(O/D) = \sum_{p \in P} FAC_{(FromHome),p} \times TRP_{ij}^{p} + FAC_{(ToHome),p} \times TRP_{ji}^{p}$$

- $FAC_{(FromHome),p}$: ضریب توزیع زمان جهت از خانه برای هدف سفر p
- $FAC_{(ToHome),p}$: ضریب توزیع زمان جهت به خانه برای هدف سفر p

[1] Choice Models

- TRP_{ij}^{p}: سفرهای تولید از i و جذب شده در j با هدف p
- TRP_{ji}^{p}: سفرهای تولید از j و جذب شده در i با هدف p

نکته حائز اهمیت در سفرهای NHB این است که چون مفهوم تولید و جذب در این سفرها بر مبنای خانه نیست، ماتریس این سفرها از ابتدا با مفهوم مبدأ-مقصد تطابق دارد و نیازی به ترانهاده کردن نیست، بلکه صرفاً ضریب زمانی مربوطه اعمال می‌شود.

طبق دستورالعمل ۸۰۱، مراحل اجرایی برای یک بازه زمانی مشخص (مثلاً اوج صبح) به شرح زیر است:

- **اعمال ضریب رفت**: ضرب کردن ضریب زمان روز در ماتریس حاصل از گام تفکیک وسیله سفر با استفاده از ضریب مربوط به هدف، وسیله سفر و زمان مورد نظر در جهت تولید به جذب.
- **اعمال ضریب برگشت**: ضرب کردن ضریب زمان روز در ترانهاده ماتریس حاصل از گام تفکیک وسیله سفر، با استفاده از ضریب مربوط به هدف، وسیله و زمان مورد نظر در جهت جذب به تولید.
- **تجمیع**: جمع ماتریس‌های به دست آمده برای اهداف مختلف در بازه مورد نظر.

توصیه فنی: هنگام تشکیل ماتریس نهایی، اعداد نباید گرد شوند و باید به صورت اعشاری باقی بمانند تا دقت ماتریس حفظ شود. گرد کردن تنها در صورت نیاز، هنگام تخصیص روی کمان‌های شبکه انجام می‌شود.

جهت استخراج ضرایب FPA و FAP، نیاز به تحلیل داده‌های آمارگیری مبدأ-مقصد است. سه دسته پایگاه داده باید ایجاد شود:

- پایگاه سفرهای خانه-انتها (To Home).
- پایگاه سفرهای خانه-ابتد (From Home).
- پایگاه سفرهای هیچ‌سر-خانه (NHB).

برای تشکیل این پایگاه‌ها، لازم است مشخص شود فردی که به خانه بازگشته، با چه هدفی از خانه خارج شده بود. سپس آن هدف جایگزین هدف بازگشت به خانه می‌شود.

برای هر هدف و وسیله سفر مورد نظر، ضرایب به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

ضریب جهت تولید به جذب (FPA):

$$F_{PA}^{H} = \frac{TRP_{FromHom}}{TRP_{Total}}$$

$TRP_{FromHom}$: تعداد سفرهای تولید شده (از خانه به بیرون) در بازه مورد نظر H

TRP_{Total}: تعداد کل سفرهای تولید و جذب شده در کل روز

ضریب جهت جذب به تولید (F_{AP}):

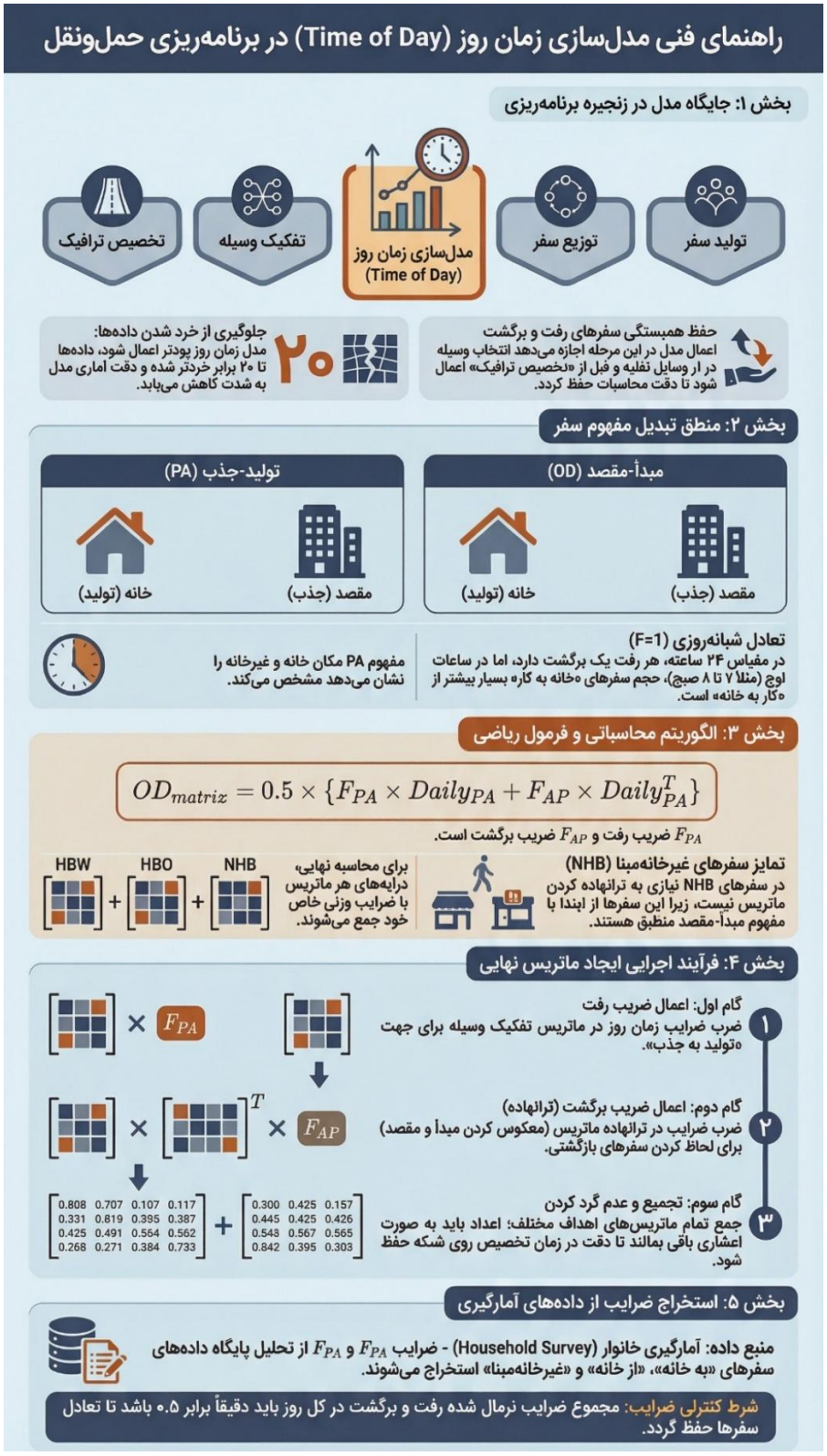
$$F_{AP}^{H} = \frac{TRP_{ToHom}}{TRP_{Total}}$$

TRP_{ToHom}: تعداد سفرهای جذب شده (از بیرون به خانه) در بازه زمانی مورد نظر H

TRP_{Total}: تعداد کل سفرهای تولید و جذب شده در کل روز

نکته کنترلی: مجموع ضرایب جذب و تولید اهداف سفر مختلف در تمام روز باید برابر باشد. در صورتی که ضرایب نرمال شوند، حاصل جمع ضرایب آنها برابر ۰/۵ خواهد بود (زیرا هر سفر در روز یک رفت و یک برگشت دارد که مجموعاً یک می‌شود، پس سهم یک طرفه ۰/۵ است).

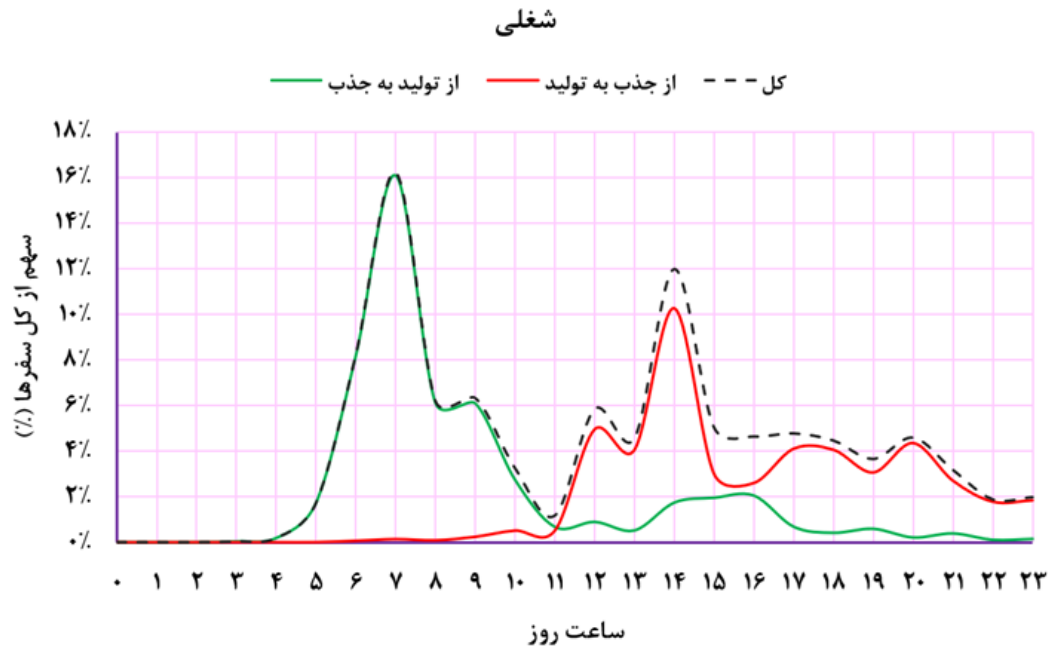
مدل‌سازی زمان روز، حلقه‌ی اتصال میان برنامه‌ریزی راهبردی (تولید و توزیع سفر) و مهندسی ترافیک (طراحی شبکه و زمان‌بندی چراغ‌ها) است. دقت در استخراج ضرایب جهت‌دار و تفکیک صحیح سفرهای از خانه و به خانه، تضمین‌کننده صحت بارگذاری ترافیک در ساعات اوج و جلوگیری از طراحی‌های بیش‌برآورد یا کم‌برآورد در زیرساخت‌های حمل‌ونقلی است.



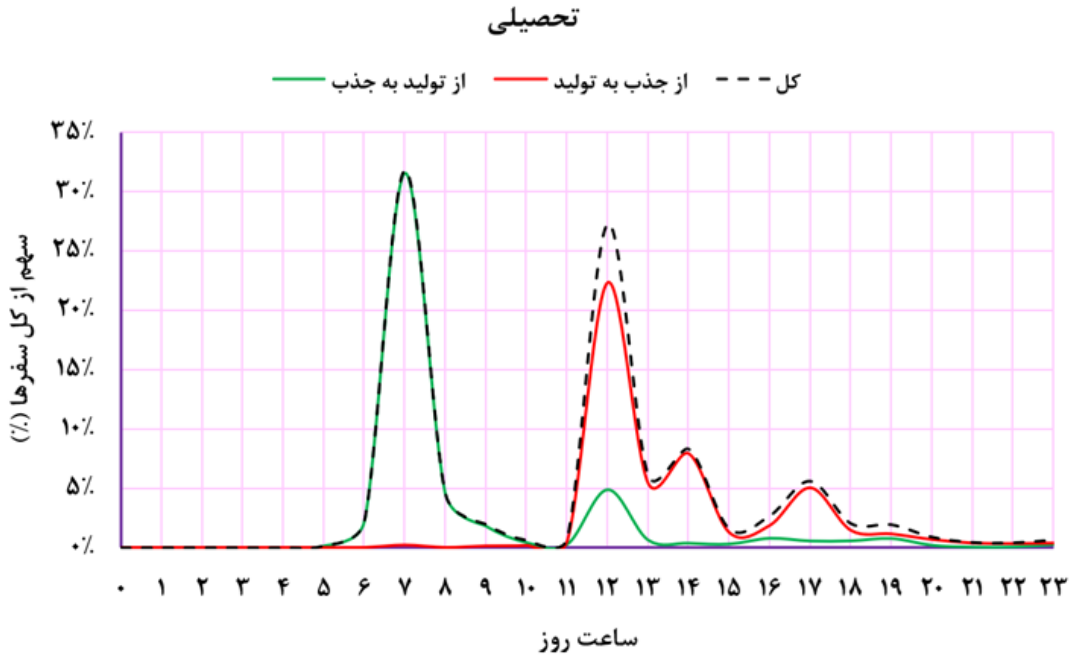
شکل ۳-۴۷ : خلاصه مدل‌های زمان روز

جدول ۳-۴۰ : سهم اهداف مختلف سفر به تفکیک از خانه و به خانه و ساعت روز

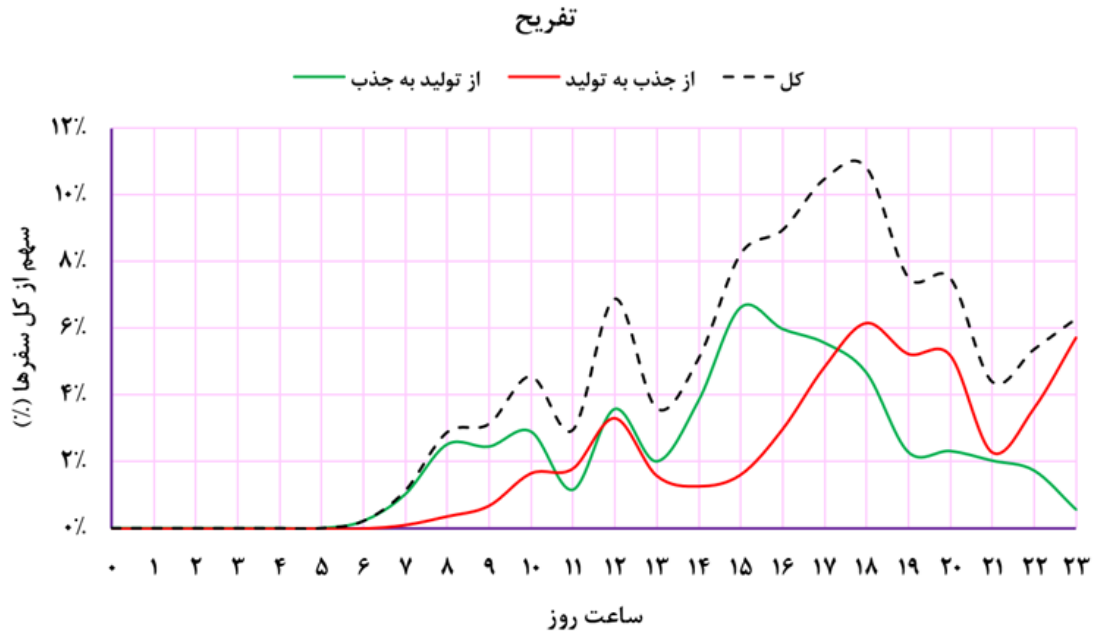
ساعت	شغلی		تحصیلی		خرید		تفریح		سایر		غیرخانه مبنا	کل سفرها
	از تولید به جذب	از جذب به تولید	از تولید به جذب	از جذب به تولید	از تولید به جذب	از جذب به تولید	از تولید به جذب	از جذب به تولید	از تولید به جذب	از جذب به تولید		
۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰
۱	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰
۲	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰
۳	٪۰.۰۳	٪۰.۰۰	٪۰.۰۳	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰
۴	٪۰.۱۸	٪۰.۰۰	٪۰.۱۸	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰
۵	٪۱.۷۲	٪۰.۰۰	٪۱.۷۲	٪۰.۱۷	٪۰.۰۰	٪۰.۱۷	٪۰.۰۱	٪۰.۰۰	٪۰.۰۱	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰	٪۰.۰۰
۶	٪۸.۱۸	٪۰.۰۶	٪۸.۲۴	٪۲.۲۳	٪۰.۰۰	٪۲.۲۳	٪۲.۱۳	٪۱.۰۰	٪۳.۱۲	٪۰.۲۱	٪۰.۰۰	٪۰.۲۱
۷	٪۱۶.۱۰	٪۰.۱۳	٪۱۶.۲۴	٪۳۱.۵۹	٪۰.۲۱	٪۳۱.۷۹	٪۵.۴۳	٪۲.۹۳	٪۸.۳۷	٪۱.۰۱	٪۰.۱۱	٪۱.۱۲
۸	٪۶.۱۲	٪۰.۰۸	٪۶.۲۰	٪۴.۵۳	٪۰.۰۰	٪۴.۵۳	٪۴.۹۷	٪۳.۳۰	٪۸.۲۸	٪۲.۵۱	٪۰.۳۷	٪۲.۸۸
۹	٪۶.۱۰	٪۰.۲۳	٪۶.۳۳	٪۱.۸۳	٪۰.۱۳	٪۱.۹۶	٪۵.۲۹	٪۳.۷۴	٪۹.۰۳	٪۲.۴۵	٪۰.۶۸	٪۳.۱۳
۱۰	٪۲.۷۴	٪۰.۵۱	٪۳.۲۵	٪۰.۴۵	٪۰.۱۷	٪۰.۶۲	٪۴.۴۲	٪۲.۹۲	٪۷.۳۴	٪۲.۹۰	٪۱.۶۶	٪۴.۵۶
۱۱	٪۰.۶۷	٪۰.۵۰	٪۱.۱۷	٪۰.۲۹	٪۰.۴۹	٪۰.۷۸	٪۱.۹۹	٪۱.۷۳	٪۳.۷۲	٪۱.۱۵	٪۱.۸۰	٪۲.۹۵
۱۲	٪۰.۸۹	٪۴.۹۵	٪۵.۸۵	٪۴.۹۱	٪۲۲.۳۳	٪۲۷.۲۷	٪۲.۸۶	٪۲.۸۵	٪۵.۷۲	٪۳.۵۷	٪۳.۳۱	٪۶.۸۹
۱۳	٪۰.۵۲	٪۴.۰۵	٪۴.۵۷	٪۰.۶۶	٪۵.۴۱	٪۶.۰۷	٪۱.۵۳	٪۳.۳۰	٪۴.۸۳	٪۲.۰۰	٪۱.۵۹	٪۳.۵۹
۱۴	٪۱.۷۴	٪۱۰.۲۶	٪۱۲.۰۰	٪۰.۴۰	٪۷.۹۲	٪۸.۳۲	٪۳.۸۴	٪۲.۳۰	٪۶.۱۴	٪۳.۸۲	٪۱.۲۷	٪۵.۰۹
۱۵	٪۱.۹۵	٪۲.۹۹	٪۵.۰۳	٪۰.۳۳	٪۱.۲۶	٪۱.۵۸	٪۳.۹۵	٪۱.۹۱	٪۵.۸۶	٪۶.۶۲	٪۱.۶۱	٪۸.۲۳
۱۶	٪۲.۰۵	٪۲.۶۰	٪۴.۶۴	٪۰.۸۱	٪۱.۸۶	٪۲.۶۹	٪۴.۷۲	٪۲.۳۲	٪۷.۰۴	٪۵.۹۸	٪۲.۹۸	٪۸.۹۵
۱۷	٪۰.۶۸	٪۴.۱۰	٪۴.۷۸	٪۰.۵۸	٪۵.۰۳	٪۵.۶۱	٪۳.۹۴	٪۴.۸۵	٪۸.۸۲	٪۵.۵۶	٪۴.۸۴	٪۱۰.۴۸
۱۸	٪۰.۴۱	٪۴.۰۵	٪۴.۴۶	٪۰.۶۰	٪۱.۴۴	٪۲.۰۳	٪۲.۹۲	٪۵.۶۵	٪۸.۵۶	٪۴.۶۷	٪۶.۱۶	٪۱۰.۸۳
۱۹	٪۰.۵۹	٪۳.۰۶	٪۳.۶۶	٪۰.۸۰	٪۱.۱۴	٪۱.۹۴	٪۱.۷۳	٪۳.۷۶	٪۵.۵۰	٪۲.۲۸	٪۵.۲۴	٪۷.۵۲
۲۰	٪۰.۲۱	٪۴.۳۵	٪۴.۵۹	٪۰.۲۲	٪۰.۶۷	٪۰.۹۰	٪۱.۱۷	٪۲.۲۴	٪۳.۴۳	٪۲.۳۱	٪۵.۲۰	٪۷.۵۲
۲۱	٪۰.۳۹	٪۲.۷۰	٪۳.۱۷	٪۰.۰۷	٪۰.۳۷	٪۰.۴۵	٪۰.۵۴	٪۱.۳۸	٪۱.۹۲	٪۲.۰۳	٪۲.۲۹	٪۴.۴۰
۲۲	٪۰.۱۱	٪۱.۷۸	٪۱.۸۸	٪۰.۰۹	٪۰.۳۳	٪۰.۴۲	٪۰.۲۱	٪۰.۶۷	٪۰.۸۹	٪۱.۷۳	٪۳.۶۱	٪۵.۳۷
۲۳	٪۰.۱۴	٪۱.۸۴	٪۱.۹۸	٪۰.۲۸	٪۰.۳۷	٪۰.۶۵	٪۰.۱۷	٪۱.۲۶	٪۱.۴۴	٪۰.۵۶	٪۵.۷۲	٪۶.۲۹
مجموع	٪۵۱.۵۲	٪۴۸.۲۴	٪۱۰۰	٪۵۰.۸۴	٪۴۹.۱۲	٪۱۰۰	٪۵۱.۸۳	٪۴۸.۱۲	٪۱۰۰	٪۵۱.۳۶	٪۴۸.۴۵	٪۱۰۰



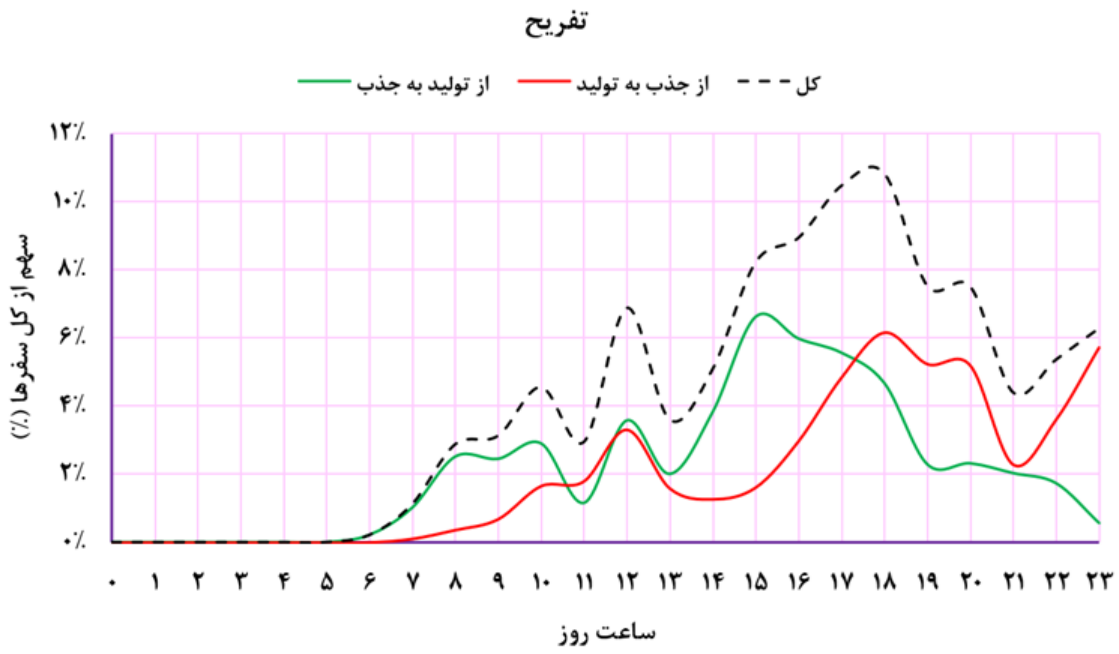
شکل ۳-۴۸ : سهم سفرهای شغلی در بازه‌های مختلف روز



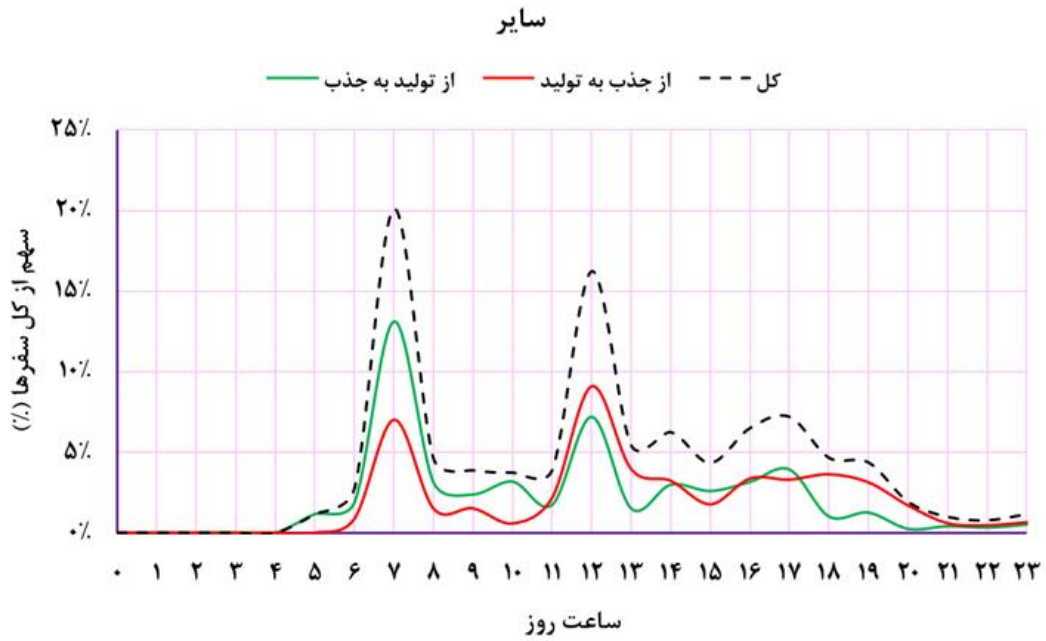
شکل ۳-۴۹ : سهم سفرهای تحصیلی در بازه‌های مختلف روز



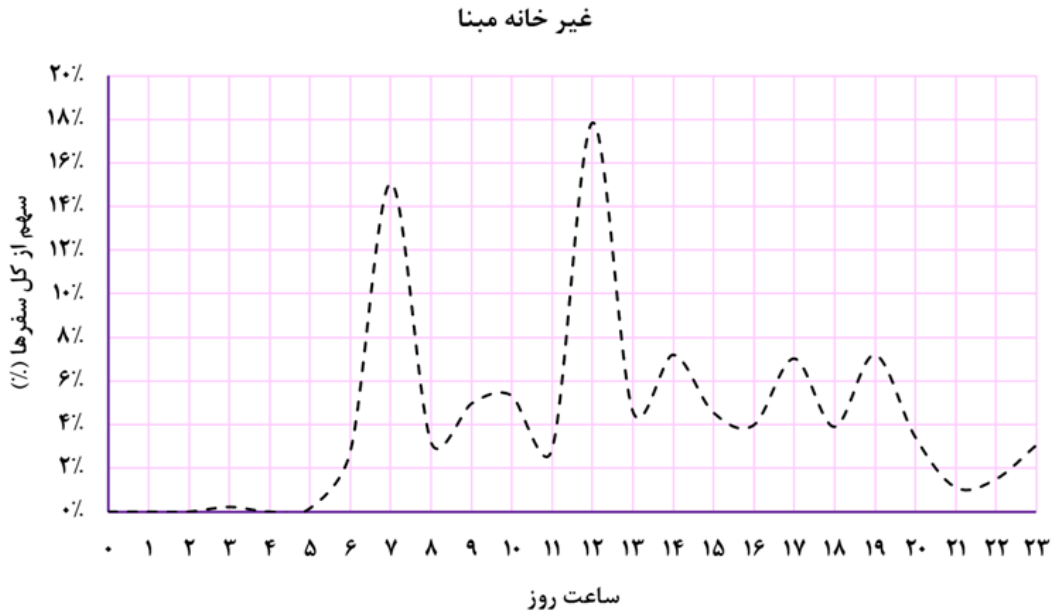
شکل ۳-۵۰ : سهم سفرهای خرید در بازه‌های مختلف روز



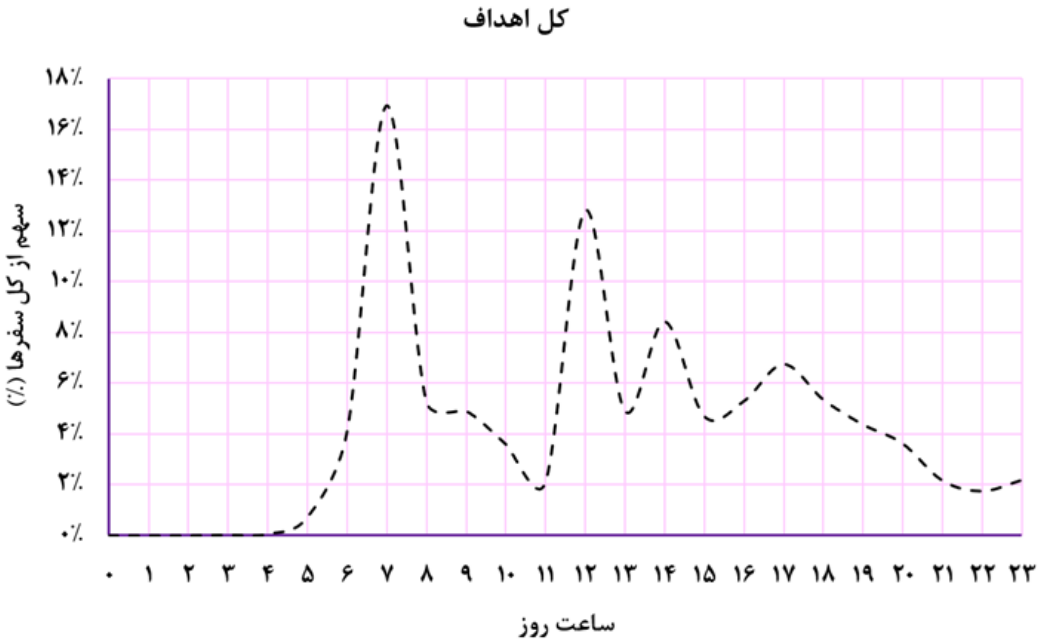
شکل ۳-۵۱ : سهم سفرهای تفریح در بازه‌های مختلف روز



شکل ۳-۵۲ : سهم سفرهای سایر در بازه‌های مختلف روز



شکل ۳-۵۳ : سهم سفرهای غیرخانه‌مبنا در بازه‌های مختلف روز



شکل ۳-۵۴ : سهم کل سفرها در بازه‌های مختلف روز

۱۷-۲-۳- تخصیص ترافیک به شبکه

فرآیند تخصیص ترافیک[۱] به عنوان گام نهایی در زنجیره مدل‌سازی چهارمرحله‌ای کلاسیک، نقشی حیاتی در برآورد حجم جریان در کمان‌های شبکه و ارزیابی عملکرد سیستم حمل و نقل ایفا می‌کند. این بخش از گزارش با استناد به دستورالعمل مطالعات جامع حمل و نقل شهری و حومه (صفحات ۲۱۶ و ۲۱۷)، به تشریح مبانی نظری تخصیص تعادلی، تحلیل پارامترهای همگرایی و به‌طور ویژه تدقیق در الگوریتم پیچیده برهم‌گذاری ماتریس‌های تقاضا می‌پردازد. در این نوشتار، ضمن تبیین رابطه متقابل عرضه و تقاضا، نحوه تبدیل ماتریس‌های نفر-سفر به وسیله-سفر و تجمیع سفرهای ساکنین، جاذب‌های خاص و سفرهای دروازه‌ای بر اساس فلوچارت استاندارد مورد واکاوی قرار گرفته است. رعایت دقیق شاخص‌هایی نظیر شکاف نسبی و خطای مطلق برای تضمین اعتبار نتایج مدل‌سازی ضروری است.

در مهندسی برنامه‌ریزی حمل و نقل، سیستم‌ها همواره از دو رکن اصلی عرضه و تقاضا تشکیل شده‌اند. همان‌طور که در دستورالعمل مطالعات جامع اشاره شده است، یک رابطه دیالکتیک و متقابل میان این دو مؤلفه برقرار است. کاربران شبکه همواره در تلاش‌اند تا با انتخاب مسیری بهینه، هزینه تعمیم‌یافته سفر خود را که تابعی از زمان، هزینه ریالی و آسایش است، کمینه نمایند. از سوی دیگر، محدودیت‌های فیزیکی شبکه (عرضه) باعث می‌شود که با افزایش تقاضا و تراکم ترافیک، هزینه سفر در کمان‌ها افزایش یابد. نقطه تلاقی این دو رفتار، منجر به شکل‌گیری جریان تعادلی می‌شود.

شناخت دقیق این نقطه تعادل، نیازمند استفاده از الگوریتم‌های تخصیص ترافیک است که نه تنها برای ارزیابی وضعیت موجود، بلکه برای پیش‌بینی اثرات احداث تسهیلات جدید (نظیر خطوط مترو یا بزرگراه‌های جدید) حیاتی است. با این حال، پیش از اجرای هرگونه الگوریتم تخصیص، آماده‌سازی داده‌های ورودی و تلفیق صحیح ماتریس‌های تقاضا از منابع مختلف (ساکنین، مکان‌های خاص و مبادی ورودی/خروجی) از اهمیت بالایی برخوردار است که در ادامه به تفصیل بررسی می‌شود.

بر اساس متون مرجع حمل و نقل (نظیر Ortúzar & Willumsen) و مفاد سند مورد بررسی، روش توصیه شده برای تخصیص تقاضا در شبکه‌های شهری، روش تخصیص تعادلی است. این روش بر پایه اصل اول واردراپ استوار است که بیان می‌دارد: در شرایط تعادل، زمان سفر در تمام مسیرهای استفاده شده بین یک جفت مبدأ-مقصد برابر بوده و کمتر از زمان سفر در هر مسیر استفاده نشده‌ای است.

در دستورالعمل حاضر، تاکید شده است که هدف کاربران کمینه کردن هزینه شخصی است (نه لزوماً هزینه کل سیستم که در System Optimum مطرح می‌شود). با افزایش حجم ترافیک در یک کمان، زمان سفر بر اساس توابع حجم-تأخیر[۲] افزایش می‌یابد. این تعامل پویا تا زمانی که شبکه به پایداری برسد، ادامه خواهد یافت.

---

[۱] Traffic Assignment

[۲] Volume-Delay Functions - VDF

یکی از چالش‌های اصلی در الگوریتم‌های تخصیص تعادلی (مانند الگوریتم فرانک-ولف)، اطمینان از رسیدن به همگرایی مطلوب است. عدم همگرایی مناسب می‌تواند منجر به نوسانات غیرمنطقی در حجم کمان‌ها و بی‌اعتباری نتایج تحلیل‌های اقتصادی و زیست‌محیطی شود. در سند مورد بررسی، چهار معیار اصلی برای کنترل همگرایی تعیین شده است که در بخش‌های آتی تشریح می‌گردد.

یکی از پیچیده‌ترین و حساس‌ترین مراحل پیش از اجرای تخصیص، تجمیع ماتریس‌های مختلف حاصل از مراحل تولید و توزیع سفر است. بر اساس نمودار جریان ارائه شده در شکل ۸-۱۷ دستورالعمل (صفحه ۲۱۷)، این فرآیند شامل پردازش سه دسته پایگاه داده اصلی است:

- پایگاه داده مبدأ-مقصد ساکنان (Residents)
- پایگاه داده مبدأ-مقصد مکان‌های خاص (Special Generators)
- پایگاه داده مبدأ-مقصد دروازه‌ای (Cordon/External Stations)

در ادامه، فرآیند ریاضی و منطقی هر یک از این شاخه‌ها تحلیل می‌شود.

در این شاخه، ماتریس اولیه TR_{ij}^{mt} تعریف می‌شود که نشان‌دهنده تعداد سفرهای ساکنان از ناحیه i به ناحیه j با استفاده از وسیله نقلیه m در بازه زمانی t است.

پالایش ماتریس: طبق فلوچارت، ابتدا باید سفرهای با اهداف خاص که مقصد آن‌ها مکان‌های خاص (ناحیه Z) است، از این ماتریس حذف شوند تا از دوباره‌شماری با ماتریس‌های جاذب سفر جلوگیری شود. همچنین سفرهای برون‌شهری (خارج از محدوده مطالعاتی) نیز در این مرحله فیلتر می‌شوند.

هدف: دستیابی به ماتریس خالص سفرهای داخلی ساکنان که صرفاً شامل حرکات درون نواحی ترافیکی استاندارد شهر است.

مکان‌های خاص (مانند فرودگاه‌ها، دانشگاه‌های بزرگ، یا مراکز لجستیکی که موضوع پایان‌نامه دکتری نیز می‌باشد)، رفتار تولید و جذب سفر متفاوتی دارند. در اینجا دو ماتریس THI (جذب سفر به ناحیه خاص) و THO (تولید سفر از ناحیه خاص) مد نظر است.

تبدیل به PCU: نکته بسیار فنی در این بخش، فرمول تبدیل سفرهای نفر-سفر به معادل سواری (PCU) است. طبق معادله ارائه شده در فلوچارت:

$$TH_{ij}^{mt} = \sum \left(\delta_{s1} THI_{ij}^{mt} + \delta_{s2} THO_{ij}^{mt} \right)$$

که در آن ضرایب δ نقش فیلتر کردن و تبدیل واحد را بر عهده دارند.

حذف همپوشانی: همانند مرحله قبل، سفرهای خارجی و سفرهای تکراری که ممکن است در ماتریس دروازه‌ای لحاظ شده باشند، حذف می‌شوند.

این بخش مربوط به ماتریس TOP_{ij}^{mt} است که سفرهای عبوری، ورودی و خروجی را شامل می‌شود:

- **تفکیک وسایل نقلیه**: در این مرحله، وسایل نقلیه به دسته‌های سواری، تاکسی، مینی‌بوس، اتوبوس، موتورسیکلت و وسایل باری تفکیک می‌شوند.
- **ضریب تبدیل**: برای وسایل نقلیه سنگین و باری، اعمال ضریب همسنگ سواری (PCE) در این مرحله حیاتی است.
- **حذف سفرهای داخلی کاذب**: نکته ظریف در فلوچارت، حذف سفرهایی است که هر دو سر آن‌ها داخل محدوده است اما به اشتباه در آمارگیری دروازه‌ای ثبت شده‌اند.

مرحله نهایی، محاسبه ماتریس کل تخصیص (TV_{ij}^{mt}) است. این ماتریس حاصل جمع برداری ماتریس‌های پردازش شده داخلی و خارجی است:

$$TV_{ij}^{mt} = TVI_{ij}^{mt} + TOP_{ij}^{mt}$$

TVI_{ij}^{mt}: ماتریس تجمیع شده سفرهای داخلی (شامل ساکنان و مکان‌های خاص) پس از اعمال ضریب سرنشین (O) و ضریب همسنگ سواری (β).

TOP_{ij}^{mt}: ماتریس سفرهای دروازه‌ای پردازش شده.

این رویکرد ساختاریافته تضمین می‌کند که هیچ سفری دو بار شمرده نمی‌شود و تمام سفرها با واحد یکسان (PCU در ساعت اوج یا بازه زمانی مشخص) وارد شبکه می‌شوند.

پس از آماده‌سازی ماتریس و بارگذاری آن روی شبکه، الگوریتم تکرار آغاز می‌شود. دستورالعمل مورد بحث در صفحه ۲۱۶، چهار معیار کمی دقیق را برای توقف الگوریتم و پذیرش نتایج پیشنهاد کرده است. رعایت این حدود برای اطمینان از اینکه "تعادل" واقعاً رخ داده است، الزامی است.

شاخص شکاف نسبی مهم‌ترین معیار همگرایی در الگوریتم‌های تعادلی است. شکاف نسبی نشان‌دهنده تغییرات مقدار تابع هدف نسبت به بهترین حد پایینی به‌دست‌آمده در تکرارهاست.

مقدار توصیه شده: در متن صراحتاً مقدار ۰/۰۰۰۱ پیشنهاد شده است.

تحلیل فنی: انتخاب این عدد نشان‌دهنده دقت بسیار بالای مورد نیاز است. در پروژه‌های بزرگ مقیاس (مانند مطالعات جامع تهران یا اردبیل)، رسیدن به این عدد ممکن است زمان‌بر باشد، لذا دستورالعمل اجازه داده است در صورت طولانی شدن فرآیند، از مقادیر کمتر از ۰/۰۱ نیز استفاده شود، هرچند دقت ۰/۰۰۰۱

ارجح است. این معیار تضمین می‌کند که سیستم به حالت پایداری نزدیک شده است که در آن هیچ کاربری انگیزه تغییر مسیر ندارد.

شاخص انحراف نسبی برابر است با نسبت تفاوت زمان سفر بین کوتاه‌ترین مسیر و مسیر طولانی‌ترِ استفاده شده، به زمان سفر کوتاه‌ترین مسیر.

مقدار توصیه شده: عدد یک ذکر شده است (به معنای یک درصد یا ضریبی از آن در متن باید تفسیر شود، اما متن اشاره می‌کند که مقاومت مسیر طولانی‌تر تنها باید تفاوت اندکی با کوتاه‌ترین مسیر داشته باشد).

تفسیر: این معیار در واقع بیانگر این است که در حالت تعادل، تمامی مسیرهای انتخاب شده بین یک جفت مبدأ-مقصد باید دارای هزینه تقریباً برابر باشند. هرگونه انحراف قابل توجه نشان‌دهنده عدم تعادل است.

تفاوت زمانی مطلق بین کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین مسیر استفاده شده بین یک جفت مبدأ-مقصد را انحراف مطلق می‌گویند.

مقدار توصیه شده: برابر ۱۰ ثانیه اتخاذ شود.

تحلیل کاربردی: این معیار بسیار سخت‌گیرانه و دقیق است. در شبکه‌های شهری بزرگ با زمان سفرهای طولانی (مثلاً ۴۵ دقیقه)، اختلاف ۱۰ ثانیه عملاً به معنای برابری کامل مسیرهاست. این شاخص برای جلوگیری از نوسانات جزئی در تکرارهای پایانی بسیار کارآمد است.

اگرچه همگرایی ریاضی بر اساس معیارهای فوق اولویت دارد، اما تعیین سقف تکرار برای جلوگیری از حلقه‌های بی‌پایان ضروری است. دستورالعمل تاکید دارد که همگرایی باید همیشه کنترل و گزارش شود. اگر الگوریتم صرفاً به دلیل رسیدن به سقف تکرار متوقف شود ولی معیارهای Gap ارضا نشده باشند، نتایج تخصیص ناپایدار و غیرقابل اعتماد خواهند بود.

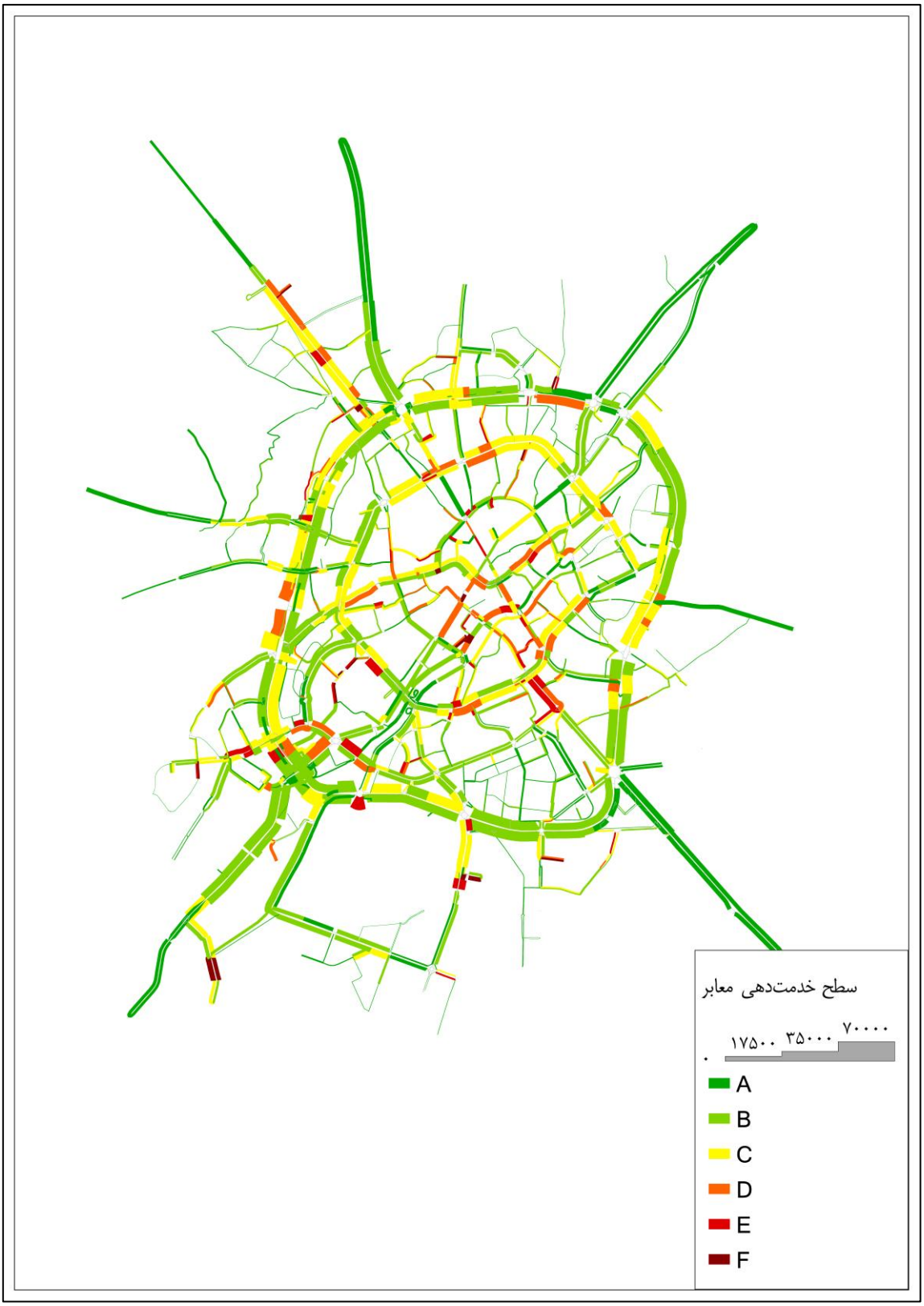
بررسی دقیق بخش ۷-۸ دستورالعمل مطالعات جامع حمل و نقل شهری نشان می‌دهد که فرآیند تخصیص ترافیک فراتر از یک اجرای نرم‌افزاری ساده است. این فرآیند نیازمند یک معماری داده‌ای دقیق برای برهم‌گذاری ماتریس‌ها است که در آن تفکیک صحیح سفرهای ساکنان، جاذب‌های خاص و جریان‌های دروازه‌ای انجام پذیرد. نمودار جریان ارائه شده، نقشه‌ی راهی را ترسیم می‌کند که در آن از ضرایب تبدیل نفر به وسیله و ضرایب همسنگ سواری به صورت مرحله‌به‌مرحله استفاده می‌شود تا ورودی نهایی مدل (ماتریس TV) همگن و معتبر باشد.

همچنین، تعیین حدود سخت‌گیرانه برای معیارهای همگرایی (به‌ویژه شکاف نسبی ۰/۰۰۰۱ و خطای مطلق ۱۰ ثانیه)، نشان‌دهنده رویکردی است که دقت مدل‌سازی را بر سرعت محاسبات ارجح می‌داند. برای متخصصین و پژوهشگران، پیروی از این پروتکل‌ها ضامن صحت علمی و قابلیت دفاع فنی نتایج خواهد بود. عدم توجه به این جزئیات در فاز آماده‌سازی ماتریس یا تنظیمات همگرایی، می‌تواند منجر به خطاهای سیستماتیک در پیش‌بینی حجم ترافیک و در نتیجه تصمیم‌گیری‌های غلط گردد.



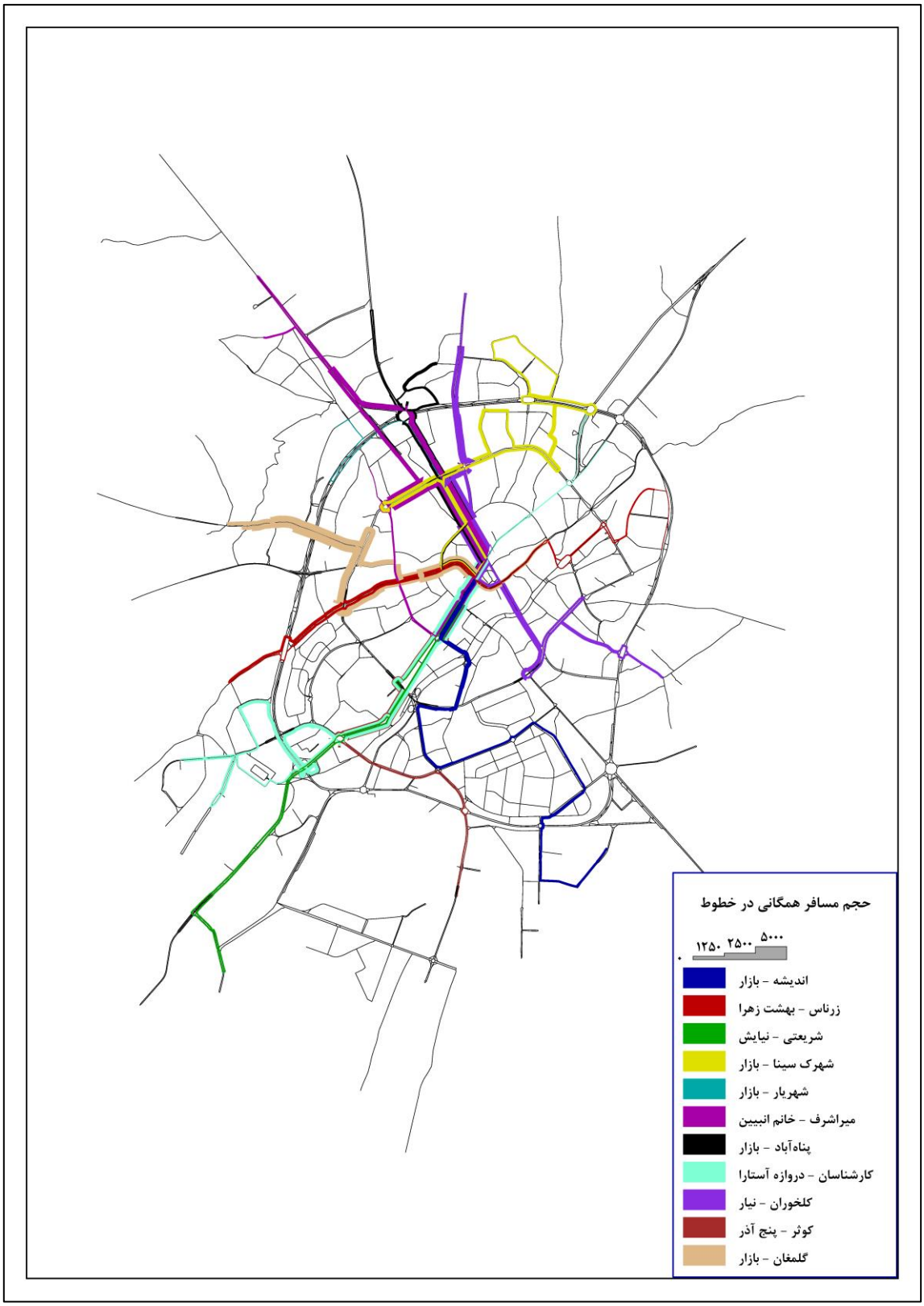
شکل ۳-۵۵ : خلاصه روند تخصیص ترافیک بر اساس ضابطه ۸۰۱

سطح خدمت‌دهی معابر با تخصیص تقاضای روزانه حاصل از مدل تولید و جذب، توزیع و تفکیک و اصلاح ماتریس آن براساس مشاهدات حجم وسایل نقلیه در کمان‌های شاهد و خطوط برش شهر در ادامه گزارش نشان داده شده است.

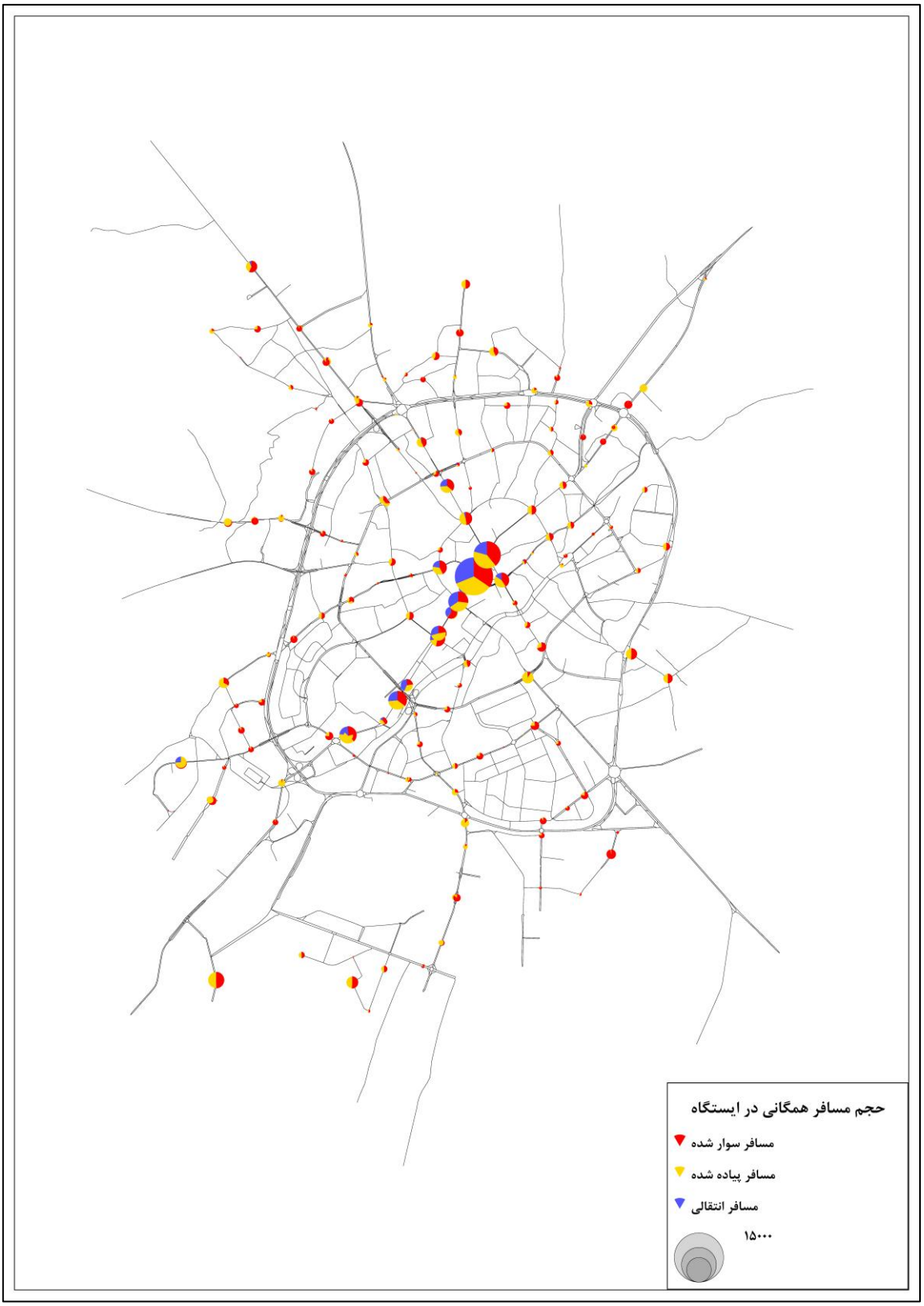


شکل ۳-۵۶ : سطح خدمت‌دهی معابر در تخصیص روزانه مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس

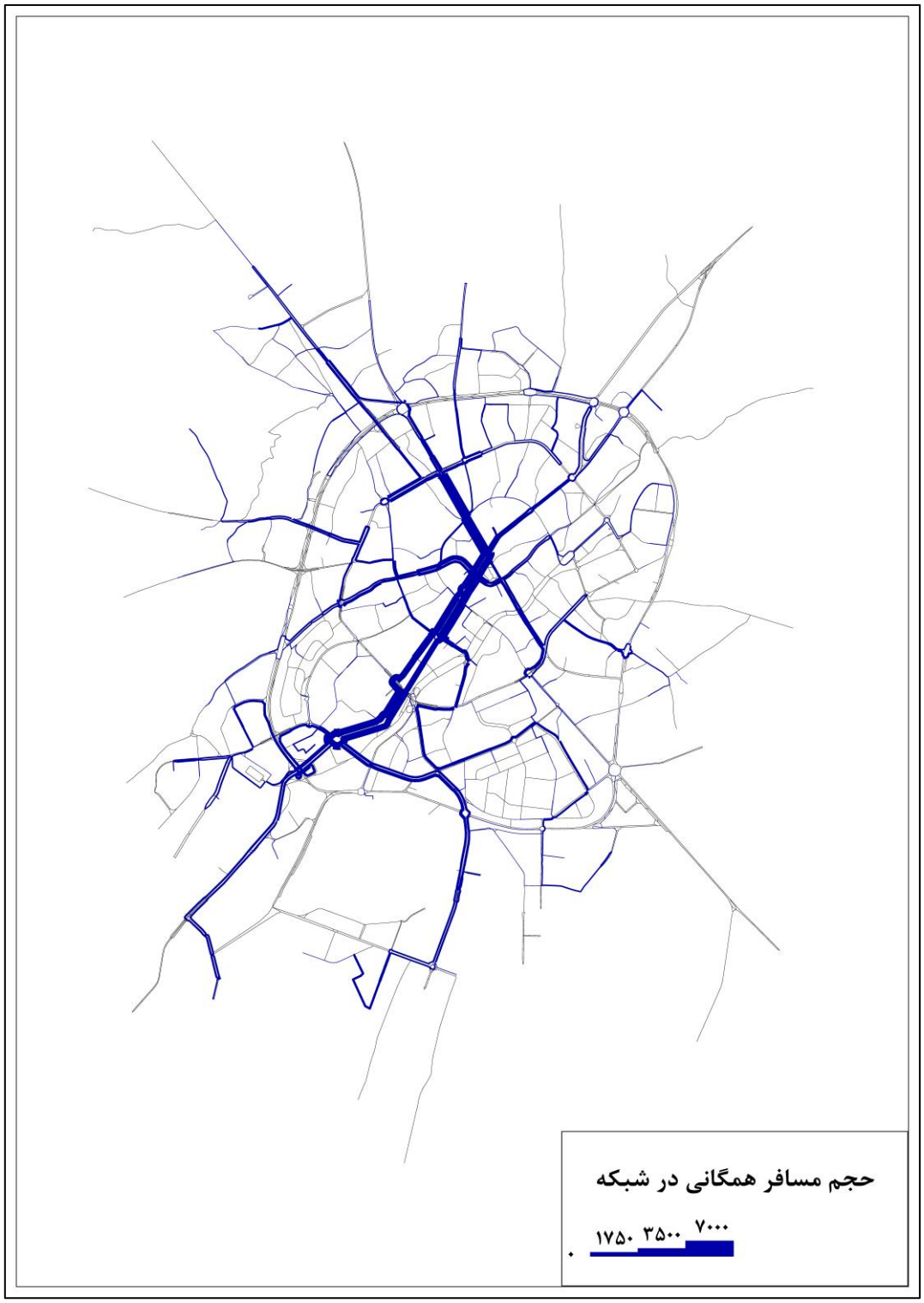
نتایج تخصیص تقاضای همگانی روزانه حاصل از مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس در ادامه نشان داده شده است. نتایج تخصیص در خطوط حمل‌ونقل همگانی شهر، مسافر سوار شده، پیاده شده و انتقالی بین خطوط به منظور شناسایی کریدورهای حائز اهمیت در حمل‌ونقل همگانی شهر از نتایجی است که بررسی شده است.



شکل ۳-۵۷ : تخصیص تقاضای همگانی روزانه حاصل از مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس به خطوط همگانی شهر

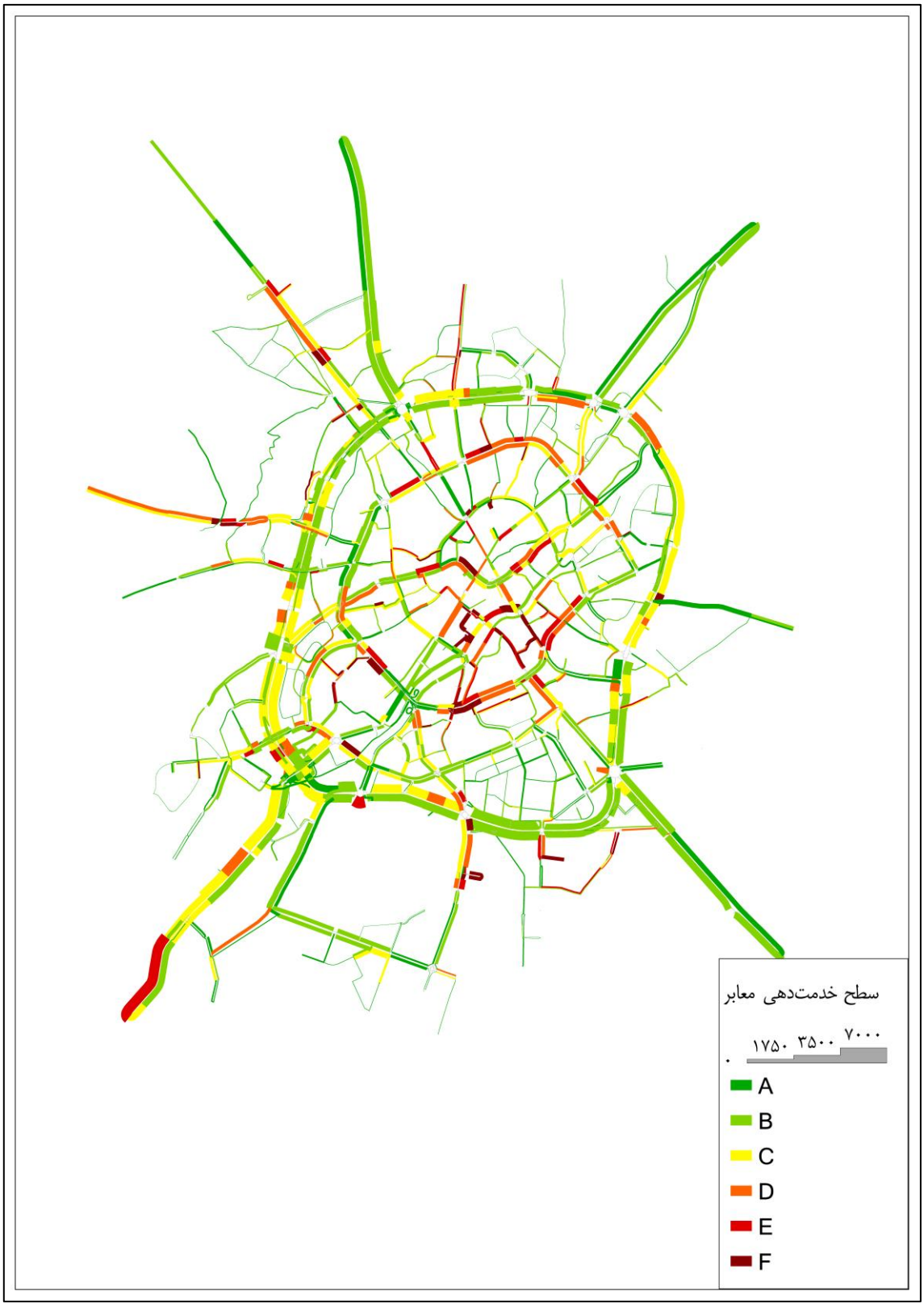


شکل ۳-۵۸ : حجم مسافر سوار شده، پیاده شده و انتقالی در تخصیص تقاضای همگانی روزانه

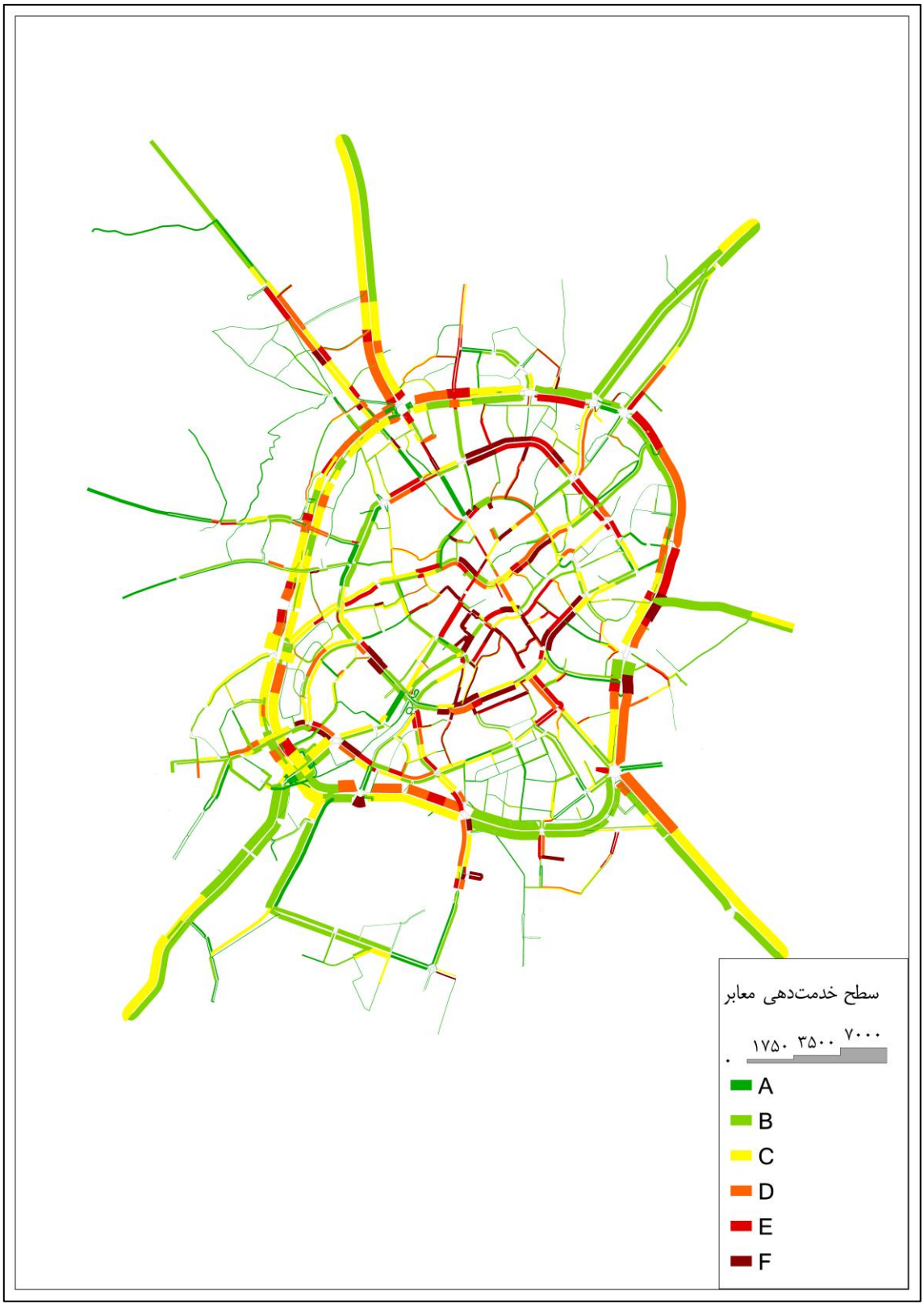


شکل ۳-۵۹ : تخصیص تقاضای همگانی روزانه حاصل از مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس به شبکه با ظرفیت نامحدود

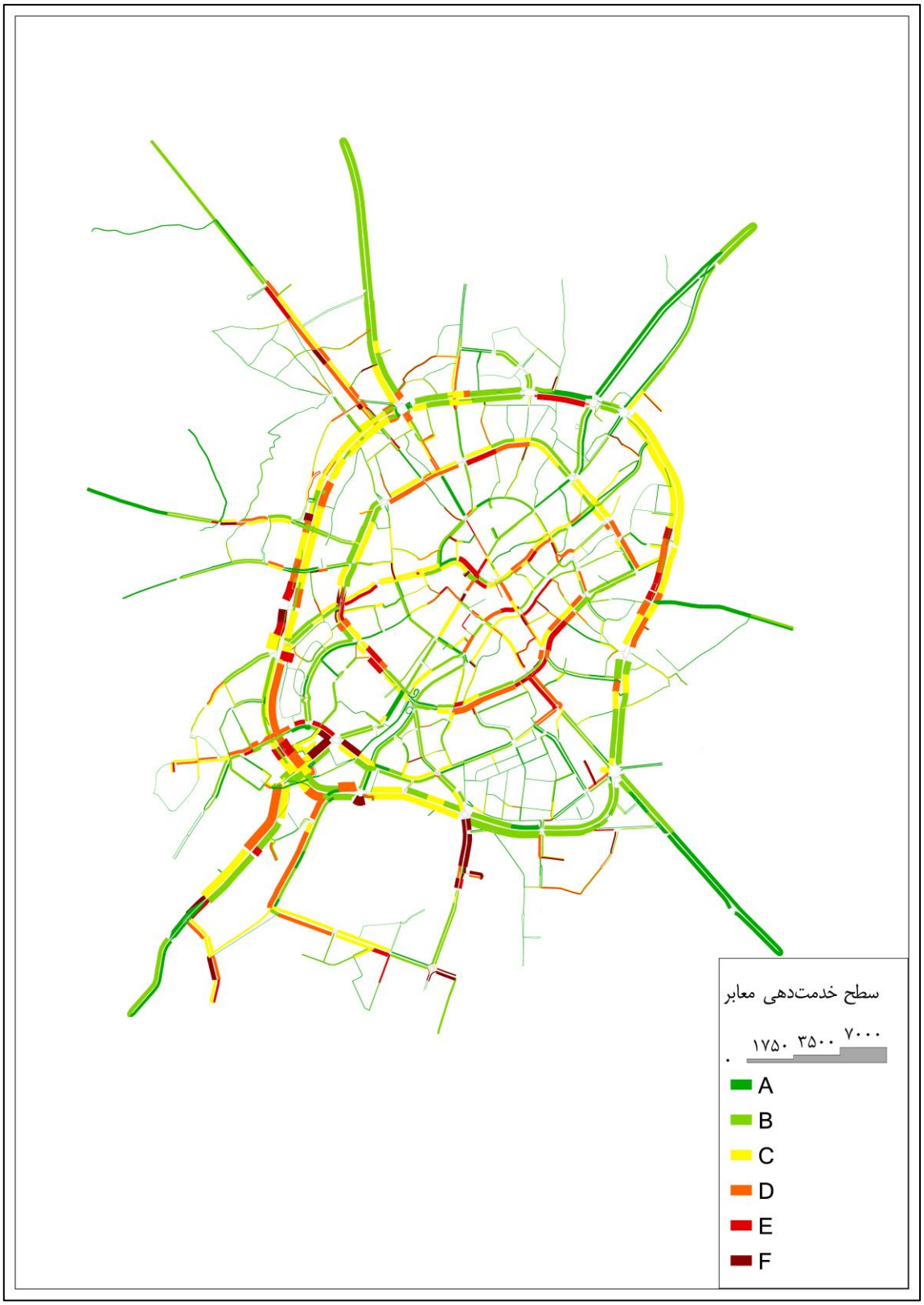
در ادامه گزارش سطح خدمت‌دهی معابر با تخصیص تقاضای ساعت اوج بعد از اصلاح نشان داده شده است.



شکل ۳-۶۰ : وضعیت روانی حرکت معابر در تخصیص ساعت اوج صبح مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس



شکل ۳-۶۱ : وضعیت روانی حرکت معابر در تخصیص ساعت اوج ظهر مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس



شکل ۳-۶۲ : وضعیت روانی حرکت معابر در تخصیص ساعت اوج عصر مدل چهارمرحله‌ای با اصلاح ماتریس

۳-۳- اعتبارسنجی مدل‌های ساخته‌شده

اعتبارسنجی مدل‌های حمل‌ونقل، گامی حیاتی در فرآیند مدل‌سازی چهارمرحله‌ای است که اطمینان از تطابق رفتار مدل با واقعیت‌های مشاهده‌شده در سال پایه را فراهم می‌آورد. فصل یازدهم دستورالعمل مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری و حومه، چارچوبی کمی و کیفی را برای پذیرش خروجی مدل‌های تخصیص ترافیک و ماتریس‌های تقاضا ارائه می‌دهد. هدف این گزارش، تشریح فنی، نقد و بررسی دقیق شاخص‌های مطرح‌شده در این دستورالعمل، شامل شرایط همگرایی، معیارهای صحت‌سنجی احجام تردد، ضوابط اصلاح ماتریس و اعتبارسنجی زمان سفر است.

در این بخش از گزارش، تلاش شده است تا با رویکردی تحلیلی، نه تنها به اعداد و ارقام مجاز اشاره شود، بلکه فلسفه ریاضی و رفتاری پشت این معیارها نیز تبیین گردد.

۱-۳-۳- همگرایی در تخصیص تعادلی

اساس تخصیص ترافیک در مطالعات جامع، اصل اول واردراپ[۱] یا تعادل کاربر[۲] است. طبق این اصل، تعادل زمانی برقرار می‌شود که هیچ کاربری نتواند با تغییر مسیر یک‌جانبه، زمان سفر خود را کاهش دهد. این بدان معناست که زمان سفر در تمام مسیرهای استفاده‌شده بین یک زوج مبدأ-مقصد برابر و کمتر یا مساوی زمان سفر در مسیرهای استفاده‌نشده است.

با توجه به اینکه حل مسائل تخصیص تعادلی معمولاً با الگوریتم‌های تکرارپذیر مانند الگوریتم فرانک-ولف[۳] انجام می‌شود، تعیین نقطه توقف الگوریتم (همگرایی) بسیار حائز اهمیت است. دستورالعمل چهار شاخص اصلی را معرفی می‌کند:

فاصله نسبی: این شاخص، حیاتی‌ترین معیار همگرایی است و نشان‌دهنده فاصله بین مقدار تابع هدف در تکرار فعلی و بهترین کران پایین یافت شده است.

ضابطه: توصیه اکید بر این است که مقدار آن برابر ۰/۰۰۱ (یک هزارم) باشد.

تحلیل فنی: در مدل‌های بزرگ‌مقیاس (مانند تهران یا اردبیل)، همگرایی ضعیف (مثلاً ۰/۰۱) می‌تواند منجر به نویز در مدل شود. وقتی هدف مقایسه سناریوهاست، اگر خطای همگرایی بزرگتر از تغییرات ناشی از سناریو باشد، نتایج گمراه‌کننده خواهد بود. لذا مقدار ۰/۰۰۱ برای اطمینان از پایداری جواب ضروری است.

---

[۱] Wardrop's First Principle

[۲] User Equilibrium - UE

[۳] Frank-Wolfe

مقدار نسبی خطا: نسبت تفاوت زمان سفر مسیرهای فعال

ضابطه: برابر با یک درصد اتخاذ گردد.

تفسیر: یعنی تفاوت هزینه سفر بین طولانی‌ترین مسیر استفاده‌شده و کوتاه‌ترین مسیر، نباید بیش از ۱ درصد باشد.

مقدار مطلق خطا:

ضابطه: برابر با ۱۰ ثانیه توصیه شده است.

استدلال: در مسیرهای بسیار کوتاه، یک درصد خطا ممکن است عدد بسیار ناچیزی شود که الگوریتم را بی‌جهت درگیر کند. ۱۰ ثانیه به عنوان یک حد آستانه عملیاتی عمل می‌کند.

تعداد تکرار:

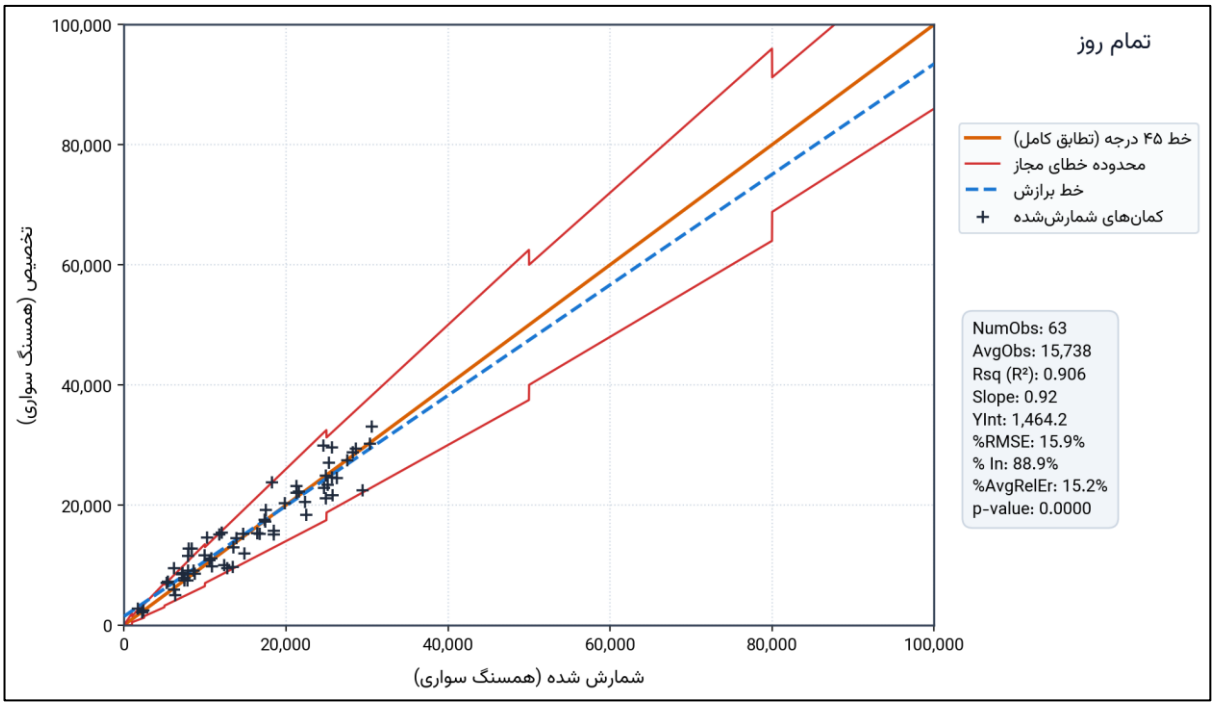
ضابطه: حداقل ۲۰ تکرار و تا زمان برقراری همگرایی.

نکته: اگر مدل با تکرارهای بالا (مثلاً ۱۰۰) همگرا نشود، نشان‌دهنده مشکل در شبکه (نوسانات شدید در توابع تأخیر) یا پارامترهای الگوریتم است و صرفاً افزایش تکرار راهگشا نیست.

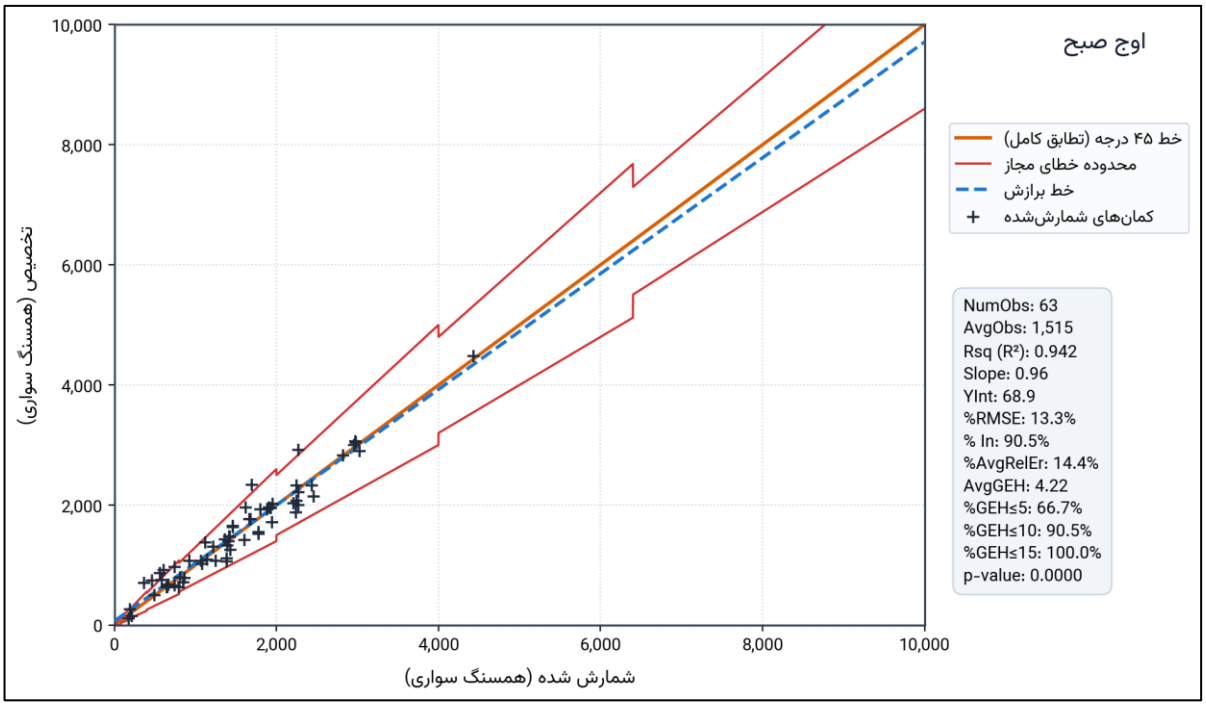
۲-۳-۳- اعتبارسنجی احجام تردد

قلب فرآیند اعتبارسنجی، مقایسه خروجی تخصیص با احجام مشاهده‌شده است. این فرآیند در دو سطح خطوط برش[۱] و کمان‌های منفرد[۲] انجام می‌پذیرد. در ادامه اعتبارسنجی خروجی مدل با احجام مشاهده شده بعد از فرایند اصلاح در تخصیص تمام‌روز و ساعات اوج قابل رویت است.

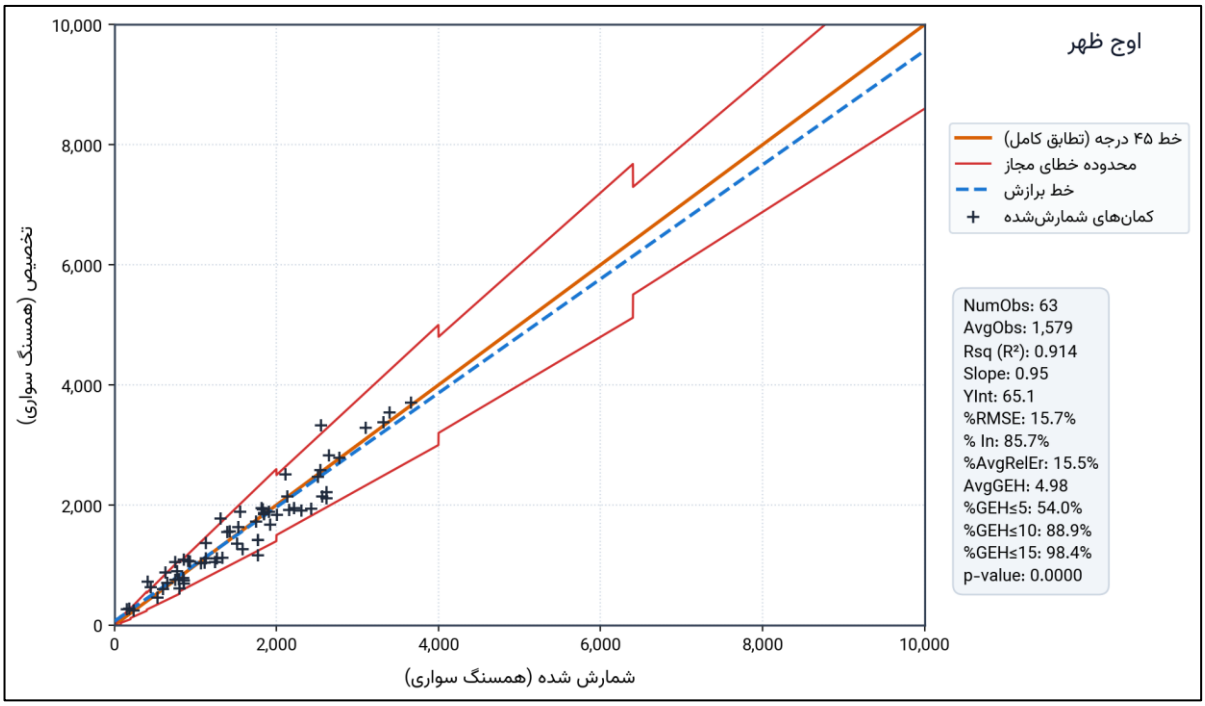
[۱] Screenlines
[۲] Individual Links



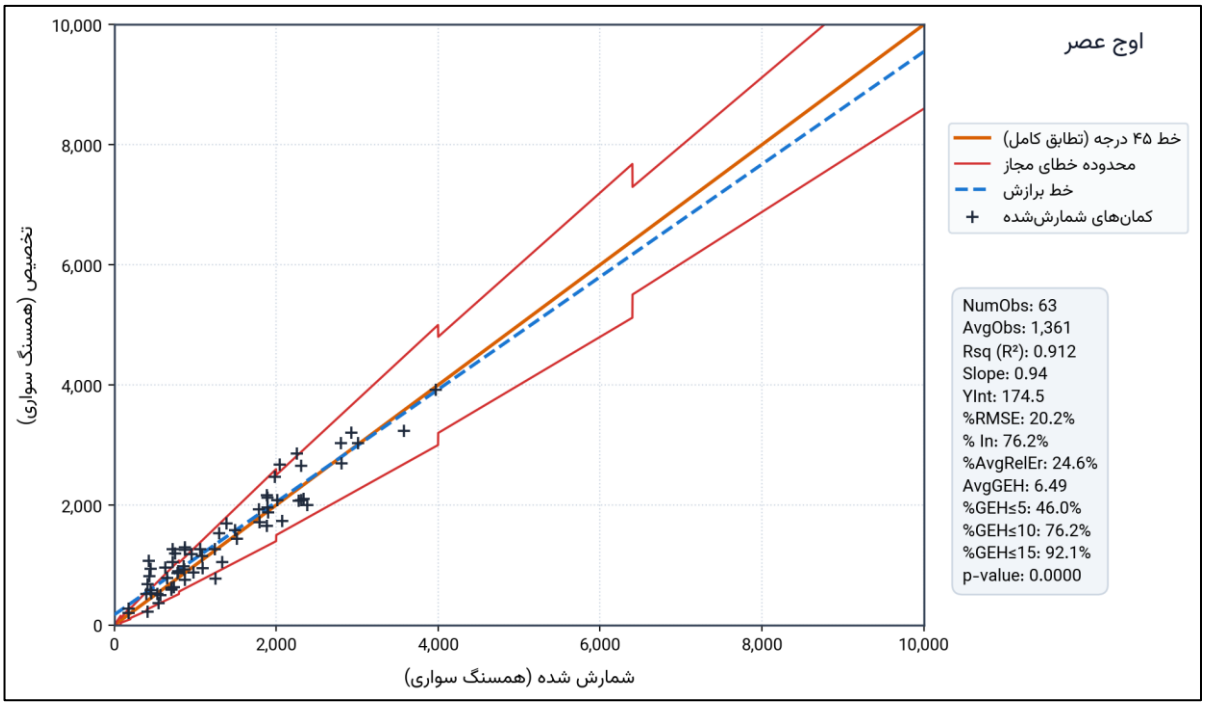
شکل ۳-۶۳ : اعتبارسنجی احجام شمارش شده و حاصل از مدل برای تخصیص تمام‌روز



شکل ۳-۶۴ : اعتبارسنجی احجام شمارش شده و حاصل از مدل برای تخصیص اوج صبح



شکل ۳-۶۵ : اعتبارسنجی احجام شمارش شده و حاصل از مدل برای تخصیص اوج ظهر



شکل ۳-۶۶ : اعتبارسنجی احجام شمارش شده و حاصل از مدل برای تخصیص اوج عصر

خطوط برش، خطوطی فرضی هستند که جریان ترافیک را در کریدورهای اصلی قطع می‌کنند.

ضابطه: برای مجموع حجم دو جهت خطا کمتر از ۱۰ درصد باید باشد. برای حجم هر جهت به تفکیک خطا کمتر از ۱۴ درصد باید باشد.

تحلیل: خطای کمتر در مجموع دو جهت به این دلیل است که خطاهای جهت رفت و برگشت ممکن است یکدیگر را خنثی کنند[۱]، اما در سطح کلان، جابجایی جرم بین دو سمت شهر باید با دقت بالایی مدل شود.

نمودار **مشاهده-برآورد** ابزار اصلی بصری برای تشخیص اریبی در مدل است. در ادامه اعتبارسنجی مجموع حجم شمارش شده در خطوط برش پیش و پس از اصلاح ماتریس نشان داده شده است.

[۱] Errors canceling out

جدول ۳-۴۱ : اعتبارسنجی خط برش در تخصیص مدل چهارمرحله‌ای پیش و پس از اصلاح ماتریس

بازه زمانی	خط برش	جهت	مشاهده	پیش از اصلاح ماتریس			پس از اصلاح ماتریس		
				مدل	خطا	درصد خطا	مدل	خطا	درصد خطا
روزانه	خط برش	خط برش به سمت شمال	۱۸۷,۴۰۲	۱۸۴,۱۴۳	-۳,۲۵۹	-۱.۷٪	۱۸۶,۷۸۷	-۶۱۵	-۰.۳٪
		خط برش به سمت جنوب	۱۹۴,۹۷۳	۱۸۸,۱۱۰	-۶,۸۶۳	-۳.۵٪	۱۸۴,۳۴۶	-۱۰,۶۲۸	-۵.۵٪
		مجموع خط برش	**۳۸۲,۳۷۵**	**۳۷۲,۲۵۳**	**-۱۰,۱۲۲**	**-۲.۶٪**	**۳۷۱,۱۳۲**	**-۱۱,۲۴۳**	**-۲.۹٪**
	مجموع خطوط برش		**۳۸۲,۳۷۵**	**۳۷۲,۲۵۳**	**-۱۰,۱۲۲**	**-۲.۶٪**	**۳۷۱,۱۳۲**	**-۱۱,۲۴۳**	**-۲.۹٪**
اوج صبح	خط برش	خط برش به سمت شمال	۱۹,۰۵۵	۱۹,۳۴۱	+۲۸۶	+۱.۵٪	۱۸,۷۳۹	-۳۱۶	-۱.۷٪
		خط برش به سمت جنوب	۱۹,۶۶۳	۱۸,۵۷۱	-۱,۰۹۲	-۵.۶٪	۱۸,۸۱۰	-۸۵۳	-۴.۳٪
		مجموع خط برش	**۳۸,۷۱۸**	**۳۷,۹۱۲**	**-۸۰۶**	**-۲.۱٪**	**۳۷,۵۴۹**	**-۱,۱۶۹**	**-۳.۰٪**
	مجموع خطوط برش		**۳۸,۷۱۸**	**۳۷,۹۱۲**	**-۸۰۶**	**-۲.۱٪**	**۳۷,۵۴۹**	**-۱,۱۶۹**	**-۳.۰٪**
اوج ظهر	خط برش	خط برش به سمت شمال	۱۹,۵۳۹	۱۸,۳۷۷	-۱,۱۶۲	-۵.۹٪	۱۸,۸۴۱	-۶۹۸	-۳.۶٪
		خط برش به سمت جنوب	۱۹,۳۴۳	۱۷,۷۵۱	-۱,۵۹۲	-۸.۲٪	۱۸,۵۴۰	-۸۰۳	-۴.۱٪
		مجموع خط برش	**۳۸,۸۸۲**	**۳۶,۱۲۸**	**-۲,۷۵۴**	**-۷.۱٪**	**۳۷,۳۸۱**	**-۱,۵۰۱**	**-۳.۹٪**
	مجموع خطوط برش		**۳۸,۸۸۲**	**۳۶,۱۲۸**	**-۲,۷۵۴**	**-۷.۱٪**	**۳۷,۳۸۱**	**-۱,۵۰۱**	**-۳.۹٪**
اوج عصر	خط برش	خط برش به سمت شمال	۱۶,۷۱۴	۱۶,۷۳۱	+۱۷	+۰.۱٪	۱۶,۸۱۶	+۱۰۲	+۰.۶٪
		خط برش به سمت جنوب	۱۸,۹۳۷	۱۸,۲۴۹	-۶۸۸	-۳.۶٪	۱۸,۹۵۷	+۲۰	+۰.۱٪
		مجموع خط برش	**۳۵,۶۵۱**	**۳۴,۹۸۰**	**-۶۷۱**	**-۱.۹٪**	**۳۵,۷۷۳**	**+۱۲۲**	**+۰.۳٪**
	مجموع خطوط برش		**۳۵,۶۵۱**	**۳۴,۹۸۰**	**-۶۷۱**	**-۱.۹٪**	**۳۵,۷۷۳**	**+۱۲۲**	**+۰.۳٪**

ضریب تعیین (R^2):

حالت مطلوب: $R^2 > ۰,۸۸$ (برای مدلی که هنوز اصلاح ماتریس نشده).

حالت مجاز برای ورود به اصلاح ماتریس: $R^2 > ۰,۶۵$.

نکته مهم: اگر R^2 اولیه کمتر از ۰/۶۵ باشد، استفاده از روش‌های اصلاح ماتریس مجاز نیست؛ زیرا نشان‌دهنده اشکال ساختاری در شبکه یا مدل تقاضاست و اصلاح ریاضی ماتریس صرفاً ماس‌مالی کردن (Over-fitting) خطاها خواهد بود.

شیب خط (Slope): باید بین ۰/۹ تا ۱/۱ باشد. شیب خارج از این محدوده نشان‌دهنده بیش‌برآورد یا کم‌برآورد سیستماتیک در کل مدل است.

۳-۳-۳- معیار درصد خطا وابسته به حجم

یکی از نکات فنی دقیق در دستورالعمل ضابطه ۸۰۱، اذعان به این واقعیت است که درصد خطا برای احجام پایین، معیار مناسبی نیست.

- برای احجام کم (مثلاً هزار وسیله در روز): خطای بالا (حتی ۵۰-۱۰۰ درصد) قابل اغماض است چون تأثیر کمی بر ظرفیت شبکه دارد.
- برای احجام بالا (بیش از ۸۰ هزار وسیله): خطای مجاز به شدت کاهش می‌یابد (به ۱۴ درصد می‌رسد).

استدلال: در مهندسی ترافیک، اهمیت کمان‌ها با حجم آنها رابطه مستقیم دارد. اشتباه ۱۰ درصدی در یک بزرگراه اشباع، بحران‌زا است، اما اشتباه ۵۰ درصدی در یک کوچه فرعی، تأثیری در تصمیم‌گیری‌های کلان ندارد.

۴-۳-۳- شاخص آماری GEH

برای رفع نقیصه درصد خطا و خطای مطلق، از آماره GEH استفاده می‌شود که فرمولی تجربی مشابه آزمون کای-دو (χ^2) دارد:

$$GEH = \sqrt{\frac{۲(M-C)^2}{M+C}}$$

که در آن M حجم مدل و C حجم شمارش است.

ضوابط پذیرش (برای ساعات اوج):

- چنانچه برای ۶۵ درصد کمان‌ها مقدار GEH کمتر از ۵ باشد مدل عالی است.
- چنانچه برای ۸۵ درصد کمان‌ها مقدار GEH کمتر از ۱۰ باشد مدل قابل قبول است.

ویژگی فنی: این شاخص همزمان قدرت نسبی و قدرت مطلق خطا را تعدیل می‌کند و استاندارد طلایی در مراجع بریتانیا (DMRB) و جهانی است.

جدول ۳-۴۲ : بررسی شاخص *GEH* در تخصیص ساعت اوج صبح

ردیف	دامنه مقادیر شاخص GEH	حداقل مجاز طبق دستورالعمل (٪)	درصد کمان‌ها قبل از تصحیح (٪)	درصد کمان‌ها پس از تصحیح (٪)
۱	GEH ≤ ۵	≥ ۶۵٪	۴۴.۴٪	۶۶.۷٪
۲	GEH ≤ ۱۰	≥ ۸۵٪	۷۳.۰٪	۹۰.۵٪
۳	GEH ≤ ۱۵	≥ ۹۵٪	۹۰.۵٪	۱۰۰.۰٪
میانگین شاخص GEH قبل از تصحیح: ۷.۲۲				
میانگین شاخص GEH پس از تصحیح: ۴.۲۲				

جدول ۳-۴۳ : بررسی شاخص *GEH* در تخصیص ساعت اوج ظهر

ردیف	دامنه مقادیر شاخص GEH	حداقل مجاز طبق دستورالعمل (٪)	درصد کمان‌ها قبل از تصحیح (٪)	درصد کمان‌ها پس از تصحیح (٪)
۱	GEH ≤ ۵	≥ ۶۵٪	۳۹.۷٪	۵۴.۰٪
۲	GEH ≤ ۱۰	≥ ۸۵٪	۷۱.۴٪	۸۸.۹٪
۳	GEH ≤ ۱۵	≥ ۹۵٪	۸۷.۳٪	۹۸.۴٪
میانگین شاخص GEH قبل از تصحیح: ۷.۵۹				
میانگین شاخص GEH پس از تصحیح: ۴.۹۸				

جدول ۳-۴۴ : بررسی شاخص ***GEH*** در تخصیص ساعت اوج عصر

ردیف	دامنه مقادیر شاخص GEH	حداقل مجاز طبق دستورالعمل (٪)	درصد کمان‌ها قبل از تصحیح (٪)	درصد کمان‌ها پس از تصحیح (٪)
۱	GEH ≤ ۵	≥ ۶۵٪	۵۸.۷٪	۴۶.۰٪
۲	GEH ≤ ۱۰	≥ ۸۵٪	۸۷.۳٪	۷۶.۲٪
۳	GEH ≤ ۱۵	≥ ۹۵٪	۱۰۰.۰٪	۹۲.۱٪
میانگین شاخص GEH قبل از تصحیح: ۴.۷۳				
میانگین شاخص GEH پس از تصحیح: ۶.۴۹				

۵-۳-۳- اصلاح ماتریس مبدأ-مقصد

بخش ۱۱-۲-۳ دستورالعمل ضابطه، رویکردی محتاطانه نسبت به اصلاح ماتریس دارد. اصلاح ماتریس فرآیندی ریاضی است که با استفاده از شمارش‌های ترافیکی، درایه‌های ماتریس را تغییر می‌دهد تا تطابق با شمارش‌ها حداکثر شود.

دستورالعمل هشدار می‌دهد که ODME نباید جایگزین مدل‌سازی صحیح شود. استفاده از ضرایب کلی یا روش‌های پیشرفته (مثل گرادیان، ME، TFlowFuzzy) تنها زمانی مجاز است که ساختار اولیه ماتریس صحیح باشد.

جدول ۳-۴۵ : اعتبارسنجی اصلاح ماتریس براساس تغییر حجم کل

ردیف	دوره زمانی	حجم پیش از تصحیح (سفر)	حجم پس از تصحیح (سفر)	تغییر حجم (سفر)	درصد تغییر (٪)	درصد مجاز ضابطه
۱	تمام روز (روزانه)	۱۰۰۹۳۲۵	۱۰۲۰۳۰۰	۱۰۹۷۶	**+۱.۰۹٪**	±۱۰٪
۲	ساعت اوج صبح	۱۱۸۰۱۴	۱۱۷۵۳۳	-۴۸۰	**-۰.۴۱٪**	±۱۰٪
۳	ساعت اوج ظهر	۱۰۴۴۳۷	۱۰۷۴۳۷	۳۰۰۰	**+۲.۸۷٪**	±۱۰٪
۴	ساعت اوج عصر	۸۱۷۷۷	۸۳۶۶۵	۱۸۸۷	**+۲.۳۱٪**	±۱۰٪

پس از اعمال اصلاح ماتریس، نباید ساختار رفتاری تقاضا به هم بریزد. شاخص‌های کنترلی عبارتند از:

- **تغییر حجم کل**: حجم کل ماتریس نباید بیش از ۱۰ درصد تغییر کند. تغییر بیش از این مقدار یعنی مدلِ تولید سفر اشکال اساسی داشته است.

- **تولید و جذب ناحیه‌ای**: ضریب تعیین (R^2) مقادیر تولید و جذب قبل و بعد از اصلاح باید بالای ۰.۸ باشد. این کنترل می‌کند که نقش کاربری زمین در تولید سفر مخدوش نشود.
- **توزیع طول سفر (TLFD)**: نمودار توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح باید بر هم منطبق باشند. اگر اصلاح ماتریس باعث شود سفرهای طولانی حذف و سفرهای کوتاه زیاد شوند (برای جور کردن شمارش‌ها)، مدل از نظر رفتاری بی‌اعتبار می‌شود.

جدول ۳-۴۶ : اعتبارسنجی توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح ماتریس برای تخصیص روزانه

ردیف	کران پایین طول سفر (KM)	کران بالا طول سفر (KM)	تخصیص مبدا-مقصد			مدل چهارمرحله‌ای			درصد اختلاف سهم سفر (٪)
			جمع سفر	سهم سفر (٪)	سهم تجمعی (٪)	جمع سفر	سهم سفر (٪)	سهم تجمعی (٪)	
۱	۰	۳	۳۱۳۵۰۰	۳۱.۰۶٪	۳۱.۰۶٪	۲۹۲۷۰۸	۲۸.۶۹٪	۲۸.۶۹٪	-۲.۳۷٪
۲	۳	۶	۴۰۶۱۹۲	۴۰.۲۴٪	۷۱.۳۰٪	۴۳۶۰۴۵	۴۲.۷۴٪	۷۱.۴۳٪	+۲.۴۹٪
۳	۶	۹	۱۹۵۹۵۱	۱۹.۴۱٪	۹۰.۷۲٪	۲۰۲۰۰۵	۱۹.۸۰٪	۹۱.۲۲٪	+۰.۳۸٪
۴	۹	۱۲	۶۵۴۳۸	۶.۴۸٪	۹۷.۲۰٪	۶۲۱۶۶	۶.۰۹٪	۹۷.۳۲٪	-۰.۳۹٪
۵	۱۲	۱۵	۲۵۶۸۵	۲.۵۴٪	۹۹.۷۵٪	۲۴۸۱۰	۲.۴۳٪	۹۹.۷۵٪	-۰.۱۱٪
۶	۱۵	۱۸	۲۵۵۸	۰.۲۵٪	۱۰۰.۰۰٪	۲۵۶۶	۰.۲۵٪	۱۰۰.۰۰٪	-۰.۰۰٪
جمع	-	-	**۱۰۰۹۳۲۵**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۲۰۳۰۰**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۰.۰۰٪**
متوسط طول سفر (کیلومتر)			**۴.۷۵ km**	-	-	**۴.۸۳ km**	-	-	+۱.۶۱٪

جدول ۳-۴۷ : اعتبارسنجی توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح ماتریس برای تخصیص ساعت اوج صبح

ردیف	کران پایین طول سفر (KM)	کران بالا طول سفر (KM)	تخصیص مبدا-مقصد			مدل چهارمرحله‌ای			درصد اختلاف سهم سفر (٪)
			جمع سفر	سهم سفر (٪)	سهم تجمعی (٪)	جمع سفر	سهم سفر (٪)	سهم تجمعی (٪)	
۱	۰	۳	۳۸۰۷۸	۳۲.۲۷٪	۳۲.۲۷٪	۳۹۶۵۱	۳۳.۷۴٪	۳۳.۷۴٪	+۱.۴۷٪
۲	۳	۶	۴۴۰۶۷	۳۷.۳۴٪	۶۹.۶۱٪	۴۴۴۱۱	۳۷.۷۹٪	۷۱.۵۲٪	+۰.۴۵٪
۳	۶	۹	۲۲۸۶۲	۱۹.۳۷٪	۸۸.۹۸٪	۲۱۰۴۸	۱۷.۹۱٪	۸۹.۴۳٪	-۱.۴۶٪
۴	۹	۱۲	۸۱۵۸	۶.۹۱٪	۹۵.۸۹٪	۷۶۳۴	۶.۵۰٪	۹۵.۹۳٪	-۰.۴۲٪
۵	۱۲	۱۵	۴۳۱۳	۳.۶۶٪	۹۹.۵۵٪	۴۲۵۲	۳.۶۲٪	۹۹.۵۴٪	-۰.۰۴٪
۶	۱۵	۱۸	۵۳۶	۰.۴۵٪	۱۰۰.۰۰٪	۵۳۶	۰.۴۶٪	۱۰۰.۰۰٪	+۰.۰۰٪
جمع	-	-	**۱۱۸۰۱۴**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۱۷۵۳۳**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۰.۰۰٪**
متوسط طول سفر (کیلومتر)			**۴.۸۷ km**	-	-	**۴.۷۵ km**	-	-	**-۲.۴۳٪**

جدول ۳-۴۸ : اعتبارسنجی توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح ماتریس برای تخصیص ساعت اوج ظهر

ردیف	کران پایین طول سفر (KM)	کران بالا طول سفر (KM)	تخصیص مبدا-مقصد			مدل چهارمرحله‌ای			درصد اختلاف سهم سفر (٪)
			جمع سفر	سهم سفر (٪)	سهم تجمعی (٪)	جمع سفر	سهم سفر (٪)	سهم تجمعی (٪)	
۱	۰	۳	۲۷۷۳۱	۲۶.۵۵٪	۲۶.۵۵٪	۲۹۷۵۶	۲۷.۷۰٪	۲۷.۷۰٪	+۱.۱۴٪
۲	۳	۶	۳۷۰۳۳	۳۵.۴۶٪	۶۲.۰۱٪	۳۹۲۲۶	۳۶.۵۱٪	۶۴.۲۱٪	+۱.۰۵٪
۳	۶	۹	۲۱۵۶۴	۲۰.۶۵٪	۸۲.۶۶٪	۲۰۸۳۹	۱۹.۴۰٪	۸۳.۶۰٪	-۱.۲۵٪
۴	۹	۱۲	۱۰۰۳۶	۹.۶۱٪	۹۲.۲۷٪	۹۵۹۲	۸.۹۳٪	۹۲.۵۳٪	-۰.۶۸٪
۵	۱۲	۱۵	۶۸۶۸	۶.۵۸٪	۹۸.۸۵٪	۶۸۱۹	۶.۳۵٪	۹۸.۸۸٪	-۰.۲۳٪
۶	۱۵	۱۸	۱۲۰۵	۱.۱۵٪	۱۰۰.۰۰٪	۱۲۰۵	۱.۱۲٪	۱۰۰.۰۰٪	-۰.۰۳٪
جمع	-	-	**۱۰۴۴۳۷**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۷۴۳۷**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۰.۰۰٪**
متوسط طول سفر (کیلومتر)			**۵.۵۷ km**	-	-	**۵.۴۳ km**	-	-	**-۲.۴۷٪**

جدول ۳-۴۹ : اعتبارسنجی توزیع فراوانی طول سفر قبل و بعد از اصلاح ماتریس برای تخصیص ساعت اوج عصر

ردیف	کران پایین طول سفر (KM)	کران بالا طول سفر (KM)	تخصیص مبدا-مقصد			مدل چهارمرحله‌ای			درصد اختلاف سهم سفر (٪)
			جمع سفر	سهم سفر (٪)	سهم تجمعی (٪)	جمع سفر	سهم سفر (٪)	سهم تجمعی (٪)	
۱	۰	۳	۲۰۰۱۲	۲۴.۴۷٪	۲۴.۴۷٪	۱۹۰۱۱	۲۲.۷۲٪	۲۲.۷۲٪	-۱.۷۵٪
۲	۳	۶	۳۱۷۰۸	۳۸.۷۷٪	۶۳.۲۴٪	۳۳۰۲۳	۳۹.۴۷٪	۶۲.۱۹٪	+۰.۷۰٪
۳	۶	۹	۱۹۲۱۱	۲۳.۴۹٪	۸۶.۷۴٪	۲۰۵۳۴	۲۴.۵۴٪	۸۶.۷۴٪	+۱.۰۵٪
۴	۹	۱۲	۷۳۷۶	۹.۰۲٪	۹۵.۷۶٪	۷۶۴۰	۹.۱۳٪	۹۵.۸۷٪	+۰.۱۱٪
۵	۱۲	۱۵	۳۰۸۰	۳.۷۷٪	۹۹.۵۲٪	۳۰۶۵	۳.۶۶٪	۹۹.۵۳٪	-۰.۱۰٪
۶	۱۵	۱۸	۳۹۱	۰.۴۸٪	۱۰۰.۰۰٪	۳۹۱	۰.۴۷٪	۱۰۰.۰۰٪	-۰.۰۱٪
جمع	-	-	**۸۱۷۷۷**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۸۳۶۶۵**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۱۰۰.۰۰٪**	**۰.۰۰٪**
متوسط طول سفر (کیلومتر)			**۵.۳۲ km**	-	-	**۵.۴۳ km**	-	-	**+۱.۹۸٪**

۶-۳-۳- راهکارهای عیب‌یابی

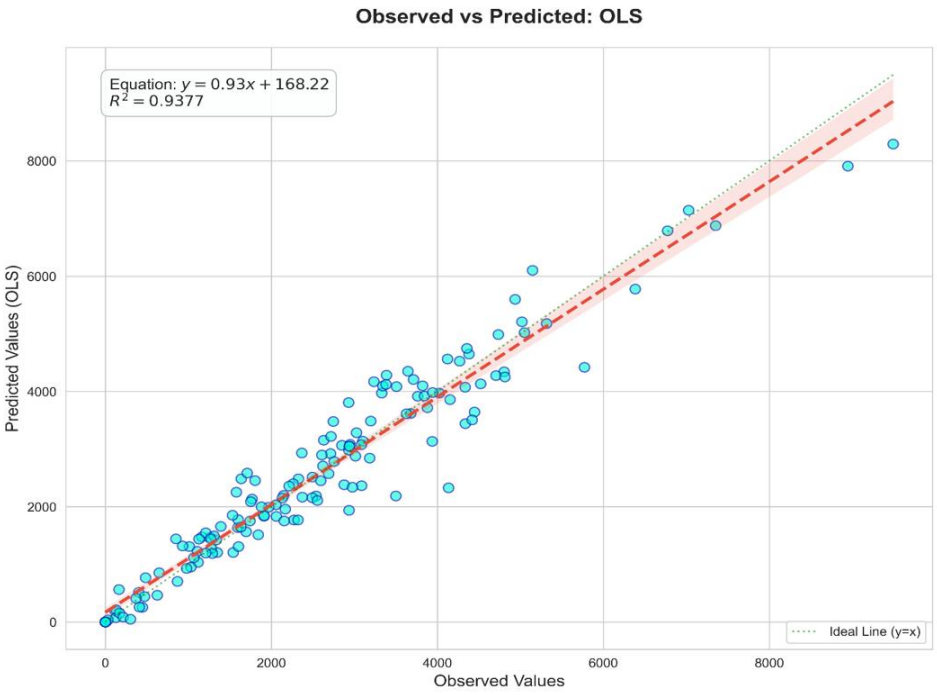
در صورتی که مدل همگرا نشود یا شاخص‌های اعتبارسنجی ارضا نگردند، جدول ۱۱-۱۰ دستورالعمل ضابطه ۸۰۱ یک نقشه راه برای عیب‌یابی کردن مدل ارائه می‌دهد:

- **خطا در خطوط برش**: بررسی ماتریس پایه، بررسی ضرایب تولید سفر.
- **خطا در مسیرهای موازی**: بررسی سرعت آزاد و ظرفیت کمان‌ها (مشخصات عملکردی).
- **حجم صفر در کمان‌های اصلی**: بررسی اتصالات مرکز ناحیه[۱] به شبکه. ممکن است نحوه بارگذاری ترافیک به شبکه اشتباه باشد.

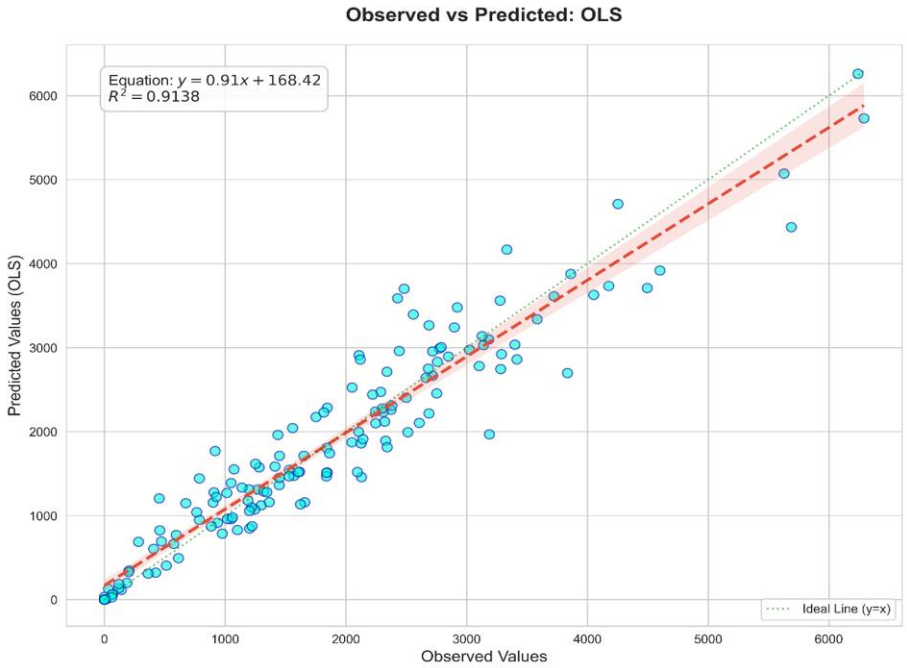
[۱] Connectors



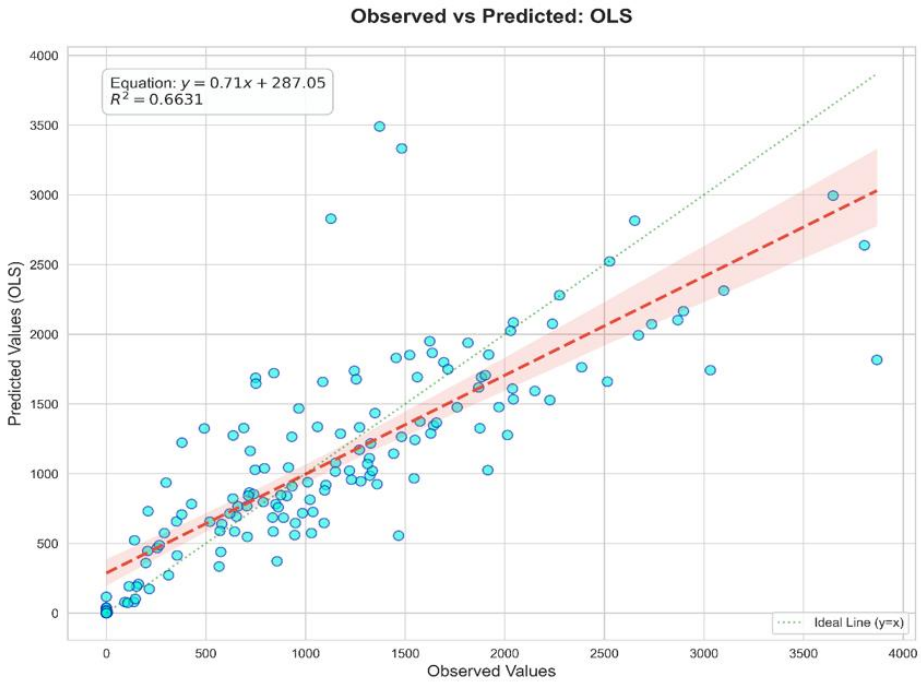
شکل ۳-۶۷ : خلاصه روش اعتبارسنجی مدل‌ها بر اساس ضابطه ۸۰۱



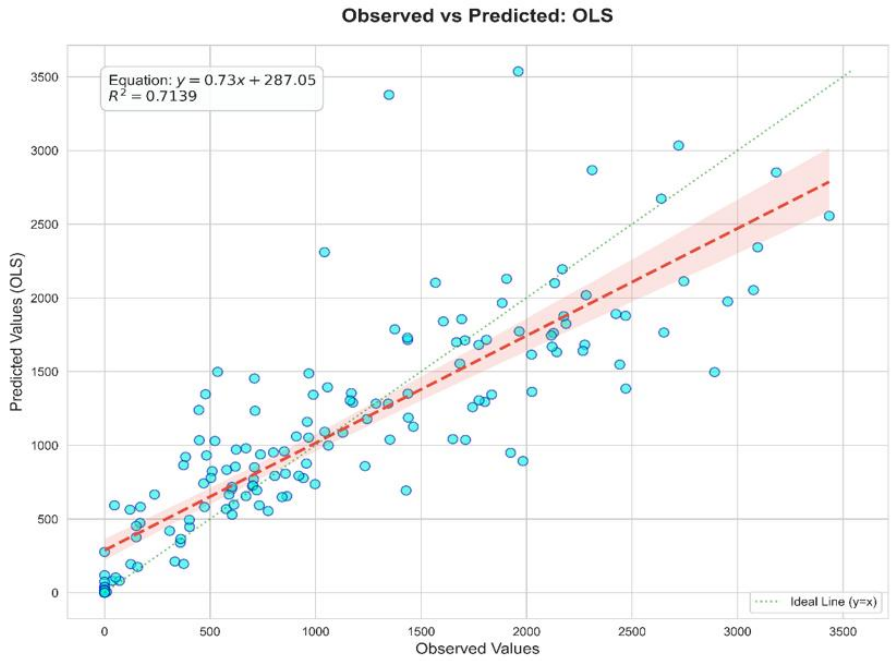
شکل ۳-۶۸ : پراکنش برآورد مشاهده مدل تولید سفرهای شغلی



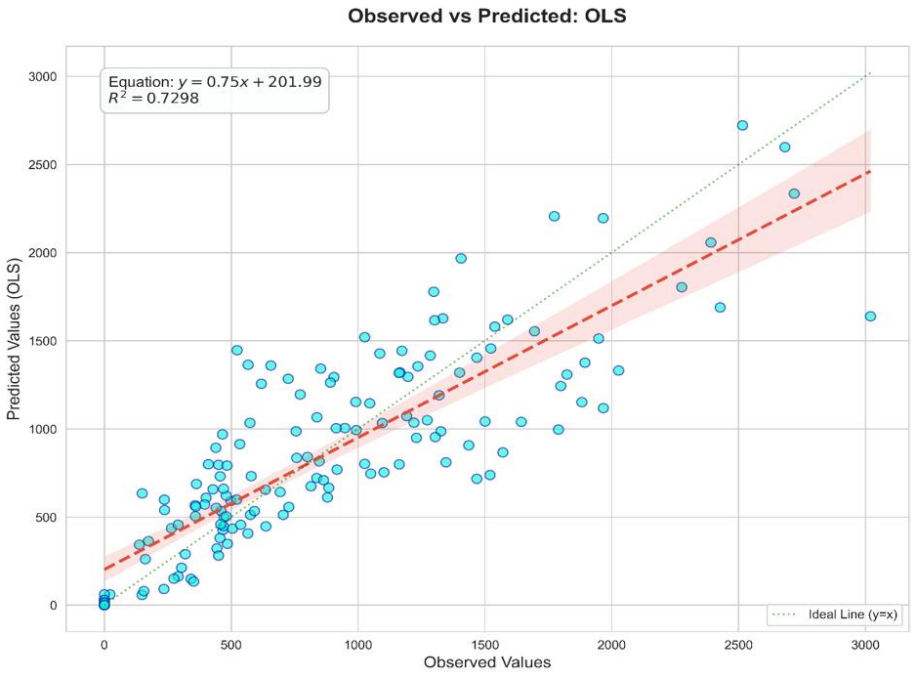
شکل ۳-۶۹ : پراکنش برآورد مشاهده مدل تولید سفرهای تحصیلی



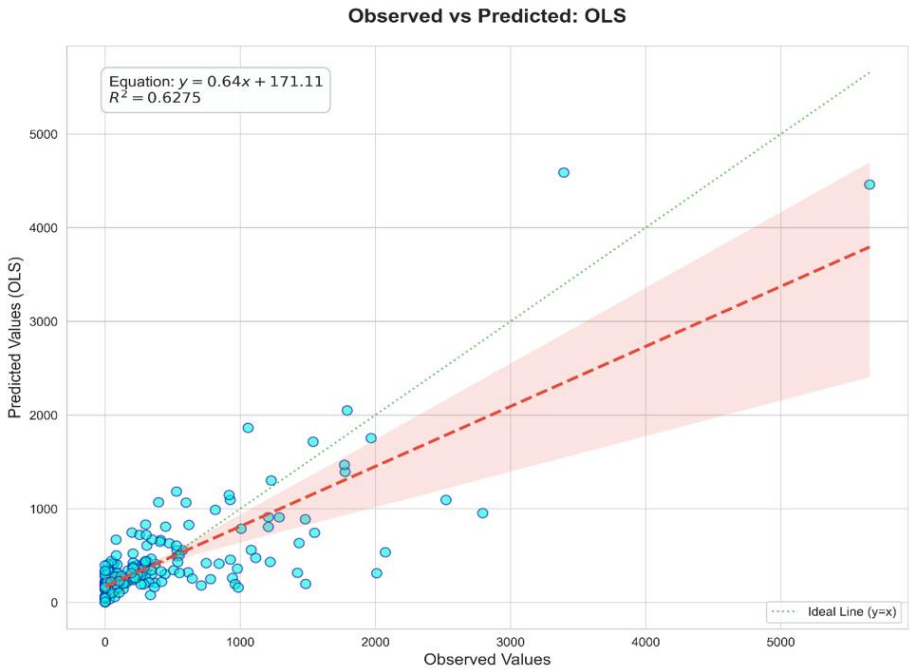
شکل ۳-۷۰ : پراکنش برآورد مشاهده مدل تولید سفرهای خرید



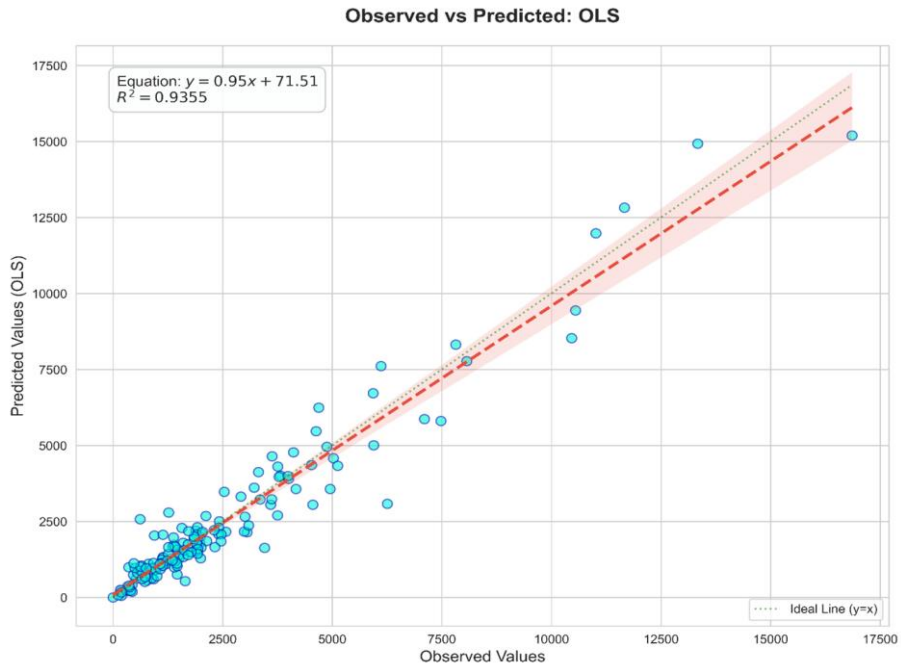
شکل ۳-۷۱ : پراکنش برآورد مشاهده مدل تولید سفرهای تفریحی



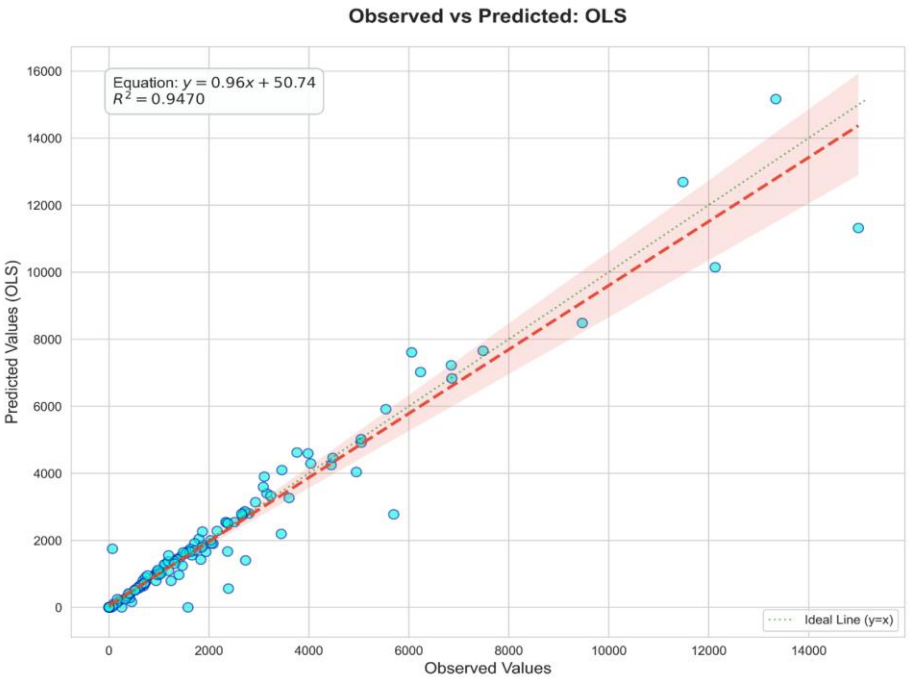
شکل ۳-۷۲ : پراکنش برآورد مشاهده تولید سفر سایر



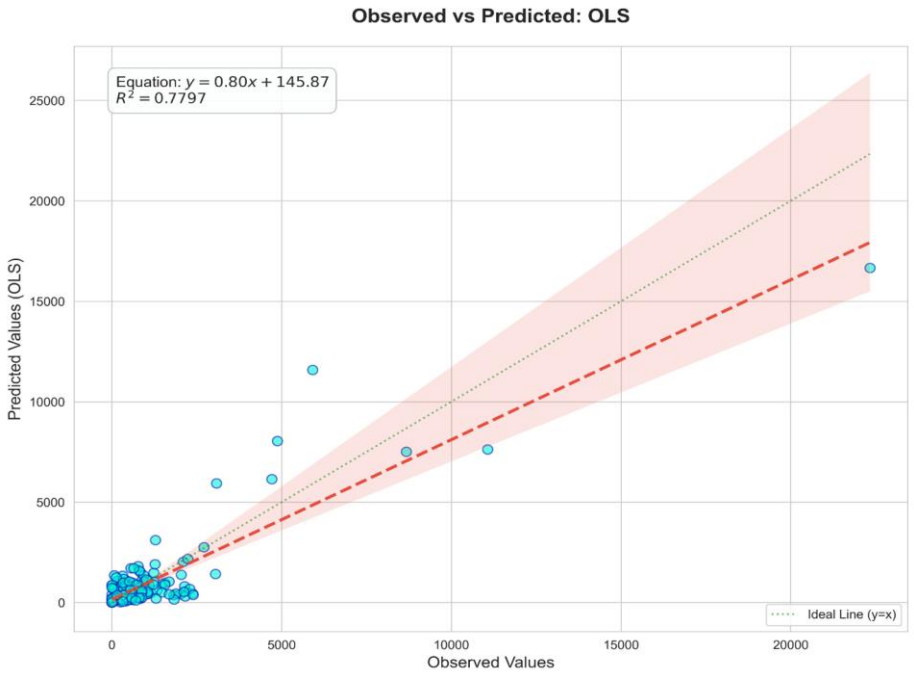
شکل ۳-۷۳ : پراکنش برآورد مشاهده تولید سفر غیرخانه مبنا



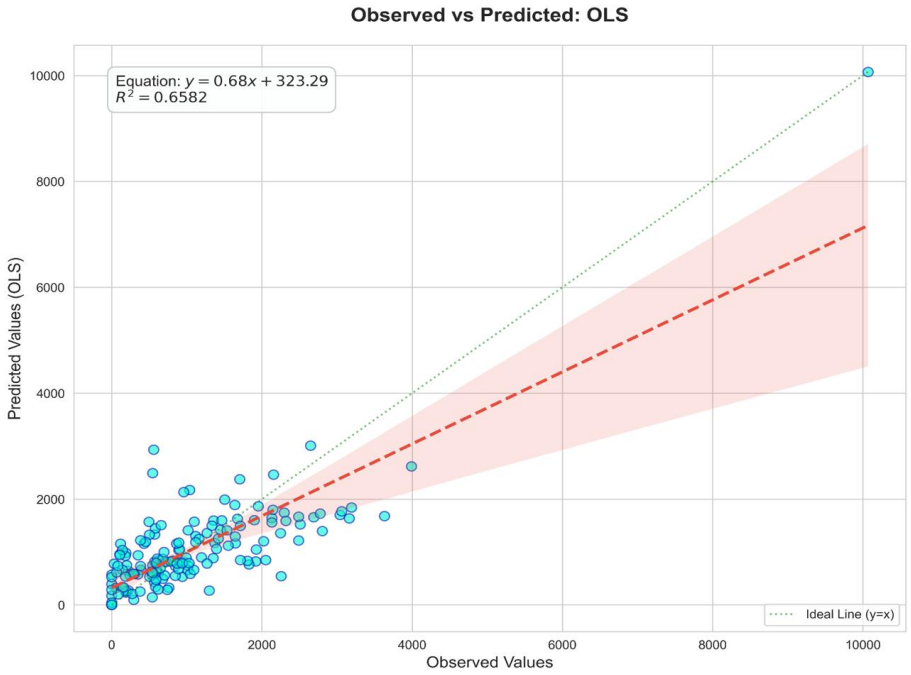
شکل ۳-۷۴ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفر شغلی



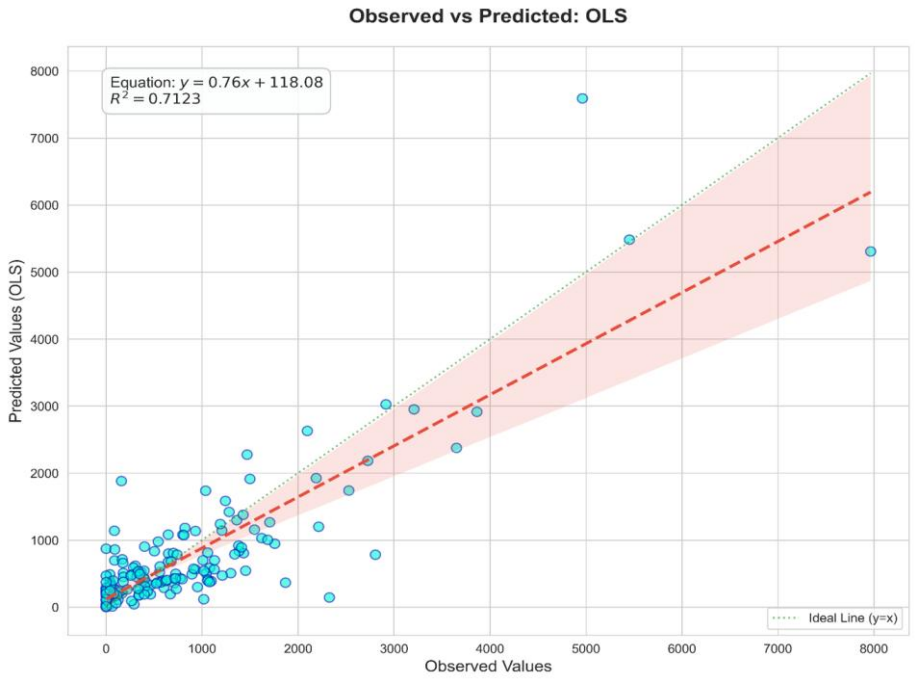
شکل ۳-۷۵ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای تحصیلی



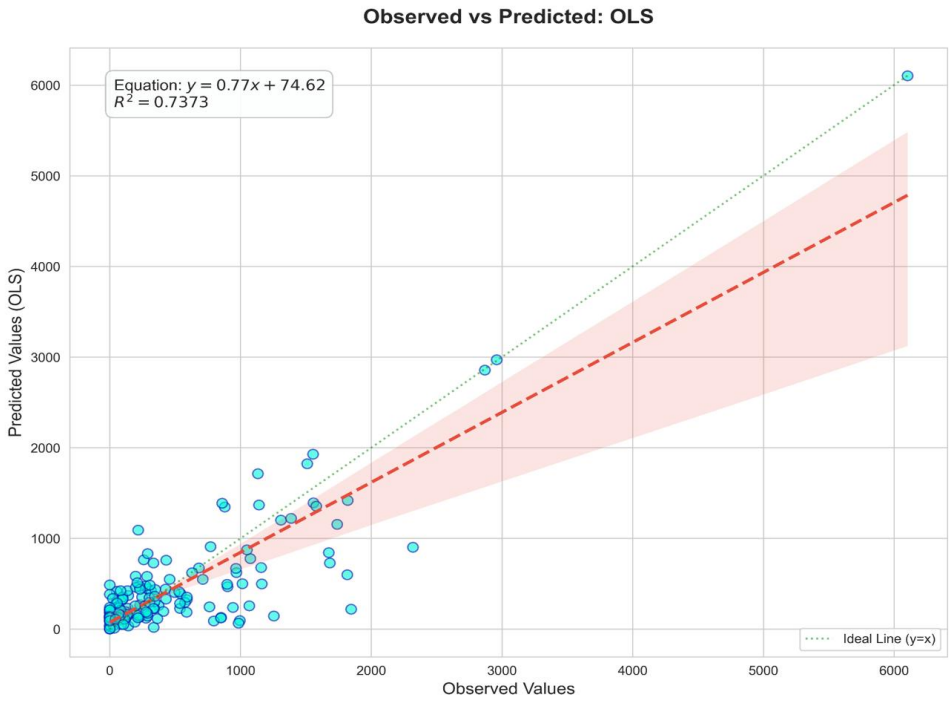
شکل ۳-۷۶ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای خرید



شکل ۳-۷۷ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای تفریح



شکل ۳-۷۸ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای سایر

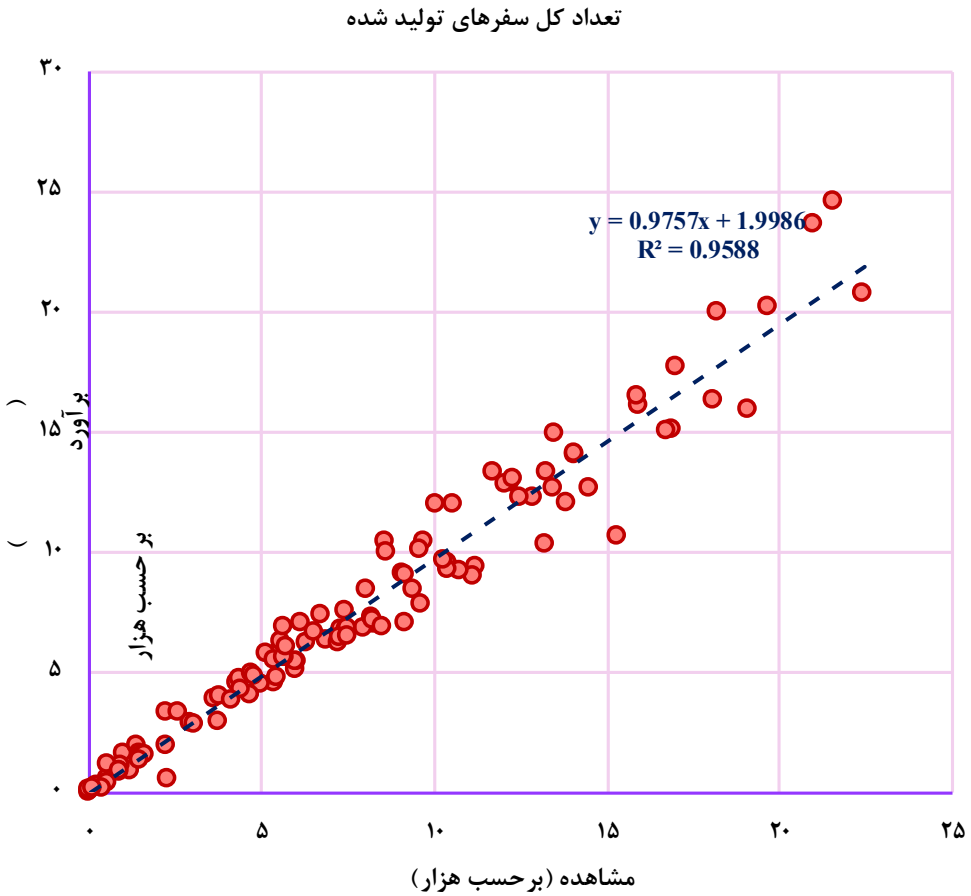


شکل ۳-۷۹ : پراکنش برآورد مشاهده جذب سفرهای غیر خانه مبنا

برای مقایسه بهتر تمامی مدل‌های تولید و جذب ساخته شده مقدار برآورد و مشاهده مدل‌های نهایی بدون عدد ثابت در جداول زیر آورده شده است. مشخص می‌گردد تمامی مدل‌ها دارای خطای مجاز و کمتر از ۱۰ درصد هستند.

جدول ۳-۵۰ : مقایسه مشاهده برآورد مدل‌های تولید سفر ساخته شده

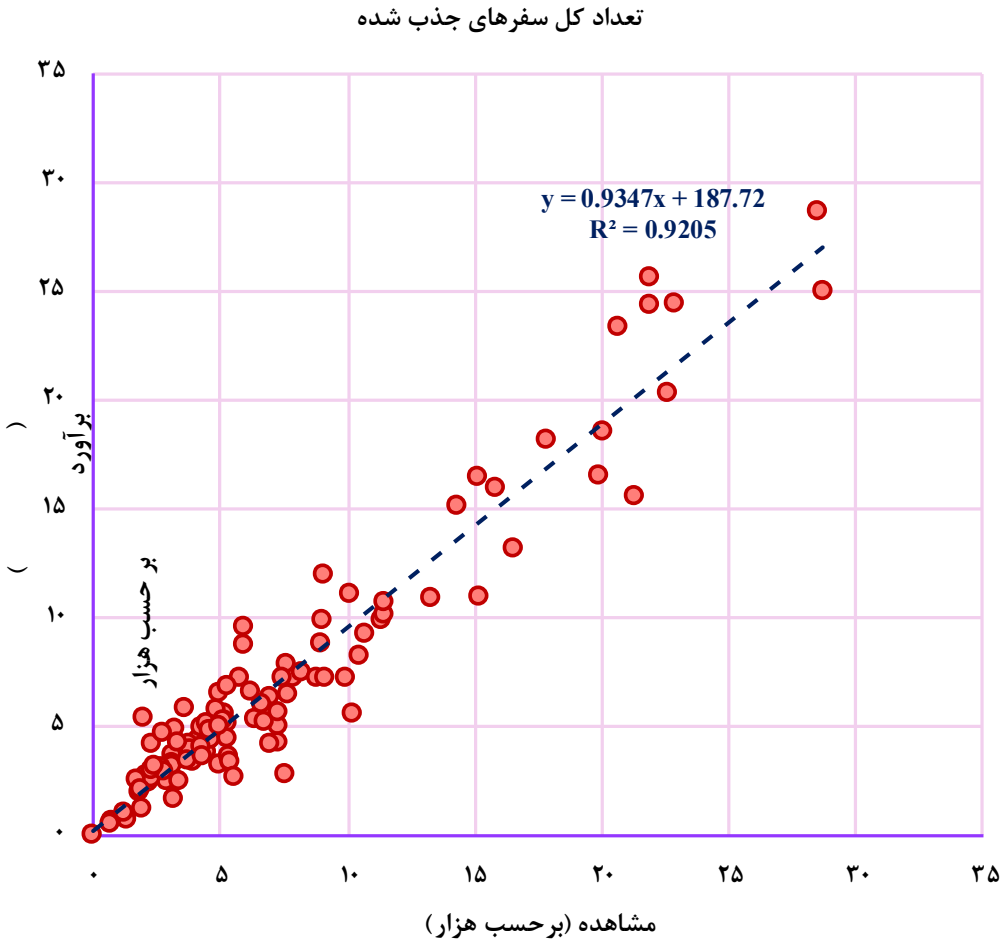
هدف سفر	مشاهده	برآورد	اختلاف		سهم (درصد)
			مطلق	نسبی	
شغلی	۳۸۲,۲۹۱	۳۸۳,۰۷۵	۷۸۳.۹۲	۰.۲٪	٪۳۱.۹۰
تحصیلی	۲۷۷,۲۸۳	۲۷۸,۰۵۶	۷۷۳.۴۷	۰.۳٪	٪۲۳.۱۶
خرید	۱۷۰,۵۰۵	۱۶۵,۴۰۰	-۵۱۰۴.۷۶	-۳.۰٪	٪۱۳.۷۸
تفریح	۱۶۹,۱۱۰	۱۶۷,۵۷۹	-۱۵۳۰.۶۷	-۰.۹٪	٪۱۳.۹۶
سایر	۱۳۰,۵۱۰	۱۲۸,۹۸۵	-۱۵۲۴.۹۹	-۱.۲٪	٪۱۰.۷۴
غیر خانه مبنا	۷۹,۷۸۹	۷۷,۶۲۳	-۲۱۶۶.۵۰	-۲.۷٪	٪۶.۴۶
کل	۱,۲۰۹,۴۸۷	۱,۲۰۰,۷۱۸	-۸۷۶۹.۵۳	-۰.۷٪	٪۱۰۰



شکل ۳-۸۰ : اعتبارسنجی مدل‌های تولید سفر

جدول ۳-۵۱ : مقایسه مشاهده – برآورد مدل‌های جذب سفر ساخته شده

هدف سفر	مشاهده	برآورد	اختلاف		سهم (درصد)
			مطلق	نسبی	
شغلی	۳۷۹,۶۰۵	۳۷۲,۴۰۴	-۷,۲۰۱	-۱.۹٪	٪۳۲.۲
تحصیلی	۲۷۷,۱۷۹	۲۷۲,۵۸۸	-۴,۵۹۱	-۱.۷٪	٪۲۳.۵
خرید	۱۷۰,۵۰۵	۱۵۸,۳۴۷	-۱۲,۱۵۸	-۷.۱٪	٪۱۳.۷
تفریح	۱۶۹,۰۳۱	۱۶۵,۰۱۶	-۴,۰۱۶	-۲.۴٪	٪۱۴.۲
سایر	۱۳۰,۲۷۰	۱۱۷,۵۸۱	-۱۲,۶۹۰	-۹.۷٪	٪۱۰.۲
غیر خانه مبنا	۷۸,۶۳۷	۷۲,۲۶۰	-۶,۳۷۷	-۸.۱٪	٪۶.۲
کل	۱,۲۰۵,۲۲۷	۱,۱۵۸,۱۹۵	-۴۷,۰۳۲	-۳.۹٪	٪۱۰۰



شکل ۳-۸۱ : اعتبارسنجی مدل‌های جذب سفر

۳-٤- برآورد تقاضای سفر سال‌های افق در سال ساعات اوج صبح، ظهر، عصر، تمام روز و میانگین ساعات غیراوج

در برآورد تقاضای سفر در سال‌های افق، با اتکا به داده‌های سال پایه ۱۴۰۲ و جدول «تولید و جذب سفر» برای سال‌های ۱۴۰۷، ۱۴۱۲ و ۱۴۱۷، روند تغییرات مکانی–زمانی تقاضا تحلیل و سپس به سال‌های آینده تعمیم داده می‌شود. در این چارچوب، «تولید سفر» به‌عنوان بیانگر حجم سفرهای منشأگرفته از هر پهنه/ناحیه (متأثر از جمعیت، اشتغال، کاربری‌های مسکونی و سطح دسترسی) و «جذب سفر» به‌عنوان نشان‌دهنده میزان سفرهای مقصدپذیرفته (متأثر از تمرکز فعالیت‌ها، مراکز خدماتی–تجاری، آموزشی و اشتغال) مبنای اصلی ارزیابی قرار می‌گیرد. مقایسه مقادیر تولید و جذب میان سال پایه و سال‌های افق امکان شناسایی کانون‌های رشد یا افت تقاضا، جهت‌گیری جابجایی‌ها و تغییر قطب‌های سفر را فراهم کرده و نهایتاً ورودی لازم برای مراحل بعدی مدل‌سازی (از جمله توزیع سفر، تفکیک هدف سفر و تخصیص به شبکه) و نیز سنجش کفایت زیرساخت‌ها و اولویت‌بندی مداخلات حمل‌ونقلی در افق‌های برنامه‌ریزی را تأمین می‌کند. برآورد تقاضای سفر سال‌های افق در نواحی به تفکیک تولید و جذب نواحی در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۳-۵۲ : تولید و جذب سفر در نواحی ترافیکی در سال‌های افق

ناحیه ترافیکی	تولید سفر نواحی				جذب سفر نواحی			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱	۹۲۴	۱۰۰۲	۱۰۸۴	۱۱۴۶	۲۸۰۷۵	۲۷۵۸۲	۲۹۳۱۷	۳۰۱۴۶
۲	۴۴۳۰	۴۴۹۵	۴۴۲۳	۴۳۴۳	۱۸۸۱۲	۱۹۱۳۹	۲۰۰۶۰	۲۰۵۹۹
۳	۱۰۲۸۳	۱۱۲۰۳	۱۳۶۶۳	۱۶۴۷۲	۳۱۰۰۴	۲۸۲۱۴	۳۲۱۶۶	۳۵۳۶۶
۴	۹۵۸۳	۱۰۳۸۵	۱۳۳۲۹	۱۷۵۲۱	۱۳۵۹۳	۹۴۹۶	۱۱۴۲۷	۱۲۹۸۰
۵	۴۵۸۷	۴۷۶۲	۵۲۹۳	۶۲۶۰	۵۰۸۷	۵۶۶۰	۵۹۵۱	۶۲۴۸
۶	۶۷۰۸	۷۶۱۳	۷۵۳۷	۷۴۶۴	۵۵۶۷	۶۰۷۳	۶۳۴۹	۶۵۳۰
۷	۲۷۲۰	۲۵۷۸	۲۳۲۲	۲۰۹۵	۲۴۹۲۲	۲۴۵۰۷	۲۷۲۲۰	۲۹۴۱۴
۸	۵۸۲۷	۶۶۷۴	۷۸۸۳	۸۲۸۴	۴۲۳۷۸	۴۴۷۶۳	۴۷۹۳۴	۵۰۵۱۴
۹	۱۷۳۸	۱۵۵۹	۱۵۳۴	۱۵۲۵	۲۴۷۴۵	۲۶۶۳۲	۲۷۴۸۸	۲۸۰۴۷
۱۰	۶۱۷۹	۶۴۰۳	۸۰۲۲	۱۰۲۸۵	۱۱۹۶۲	۱۳۲۸۸	۱۳۷۲۲	۱۴۰۹۳
۱۱	۶۸۳۶	۷۵۰۶	۸۹۱۱	۱۰۷۶۸	۶۵۷۵	۷۰۱۹	۷۵۲۲	۷۹۵۴
۱۲	۱۷۵۳۸	۱۷۰۵۷	۱۶۸۷۹	۱۶۷۱۹	۱۲۹۶۸	۱۲۹۱۷	۱۳۹۳۶	۱۴۸۸۰
۱۳	۱۲۶۵۵	۱۳۷۴۵	۱۵۷۸۷	۱۸۳۷۲	۶۲۲۹	۶۱۷۰	۶۶۳۳	۷۰۰۸
۱۴	۵۲۰۷	۵۲۷۶	۵۶۹۲	۶۲۳۰	۳۰۵۴	۳۳۱۹	۳۴۲۴	۳۴۳۳
۱۵	۷۰۳۴	۵۶۹۲	۴۶۶۷	۳۷۱۶	۲۷۸۷	۲۵۸۷	۲۵۲۸	۲۴۵۳
۱۶	۶۳۳۴	۶۹۶۵	۷۸۵۴	۸۰۴۲	۵۷۶۲	۶۳۵۰	۶۸۴۸	۷۲۶۲

ناحیه ترافیکی	تولید سفر نواحی				جذب سفر نواحی			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۷	۷۲۷۳	۶۹۶۹	۶۹۳۶	۶۹۰۷	۷۴۹۱	۷۶۱۳	۸۰۳۵	۸۴۶۷
۱۸	۳۹۷۶	۴۲۳۲	۴۹۱۷	۵۸۱۲	۲۹۰۶	۳۰۳۹	۳۱۰۲	۳۱۲۳
۱۹	۸۸۹۵	۱۰۵۲۴	۱۰۷۷۳	۱۱۰۱۱	۹۹۹۱	۱۱۲۴۷	۱۱۹۴۵	۱۲۵۸۲
۲۰	۵۳۹۱	۶۸۱۳	۶۹۹۸	۷۱۶۴	۹۲۳۹	۱۰۷۱۲	۱۱۱۵۵	۱۱۴۹۲
۲۱	۱۹۴۶	۲۳۱۵	۲۵۳۲	۲۵۸۲	۴۴۵۸	۵۲۰۲	۵۴۵۷	۵۶۴۷
۲۲	۱۰۲۶۴	۱۰۳۸۷	۱۰۵۶۱	۱۰۷۵۴	۵۱۲۵	۵۴۷۹	۵۶۸۷	۵۸۳۶
۲۳	۵۵۴۴	۵۶۶۰	۶۰۸۹	۵۵۵۰	۴۹۷۳	۵۸۴۴	۶۰۴۲	۶۱۰۲
۲۴	۷۱۳۱	۷۶۳۳	۶۹۹۱	۶۴۱۶	۱۳۲۰	۱۳۷۲	۱۳۰۸	۱۲۳۶
۲۵	۴۴۹۶	۵۰۸۰	۵۹۵۲	۶۰۸۱	۶۶۰۰	۷۶۳۰	۷۹۲۴	۸۰۹۳
۲۶	۹۶۳۴	۱۱۹۲۲	۱۲۷۳۴	۱۳۰۷۰	۱۷۳۵۷	۱۹۰۲۹	۱۹۷۸۴	۲۰۳۹۸
۲۷	۲۰۵۰۵	۲۰۷۲۳	۲۱۰۸۶	۲۱۴۷۵	۱۳۷۵۸	۱۴۵۱۶	۱۵۳۶۷	۱۶۱۷۶
۲۸	۹۱۶۵	۹۵۴۸	۹۷۴۰	۹۹۷۲	۷۷۹۵	۸۵۵۵	۸۸۷۲	۹۱۸۲
۲۹	۳۳۴۵	۳۲۹۵	۳۲۵۵	۳۲۲۳	۵۰۲۹	۴۹۷۸	۴۹۱۴	۴۸۶۱
۳۰	۱۳۰۰۳	۱۳۹۴۲	۱۵۱۴۱	۱۶۵۸۴	۲۱۰۰۷	۲۲۰۵۲	۲۳۴۶۹	۲۴۷۴۹
۳۱	۱۹۶۹۰	۲۲۹۰۷	۲۳۹۴۳	۲۴۵۱۰	۲۵۱۷۵	۲۷۶۵۴	۲۹۸۳۴	۳۲۰۰۶
۳۲	۱۲۲۹۰	۱۶۱۹۸	۱۶۹۹۱	۱۷۳۹۷	۳۸۰۲	۳۷۲۸	۳۷۰۰	۳۶۷۳
۳۳	۵۶۱۹	۶۰۰۶	۷۶۷۷	۸۰۱۶	۵۵۵۲	۶۵۹۰	۶۸۵۰	۶۹۲۲
۳۴	۱۶۱۳۶	۱۶۵۱۶	۱۷۴۵۴	۱۹۴۰۵	۱۱۴۲۷	۱۱۹۰۲	۱۲۵۱۶	۱۳۰۷۳
۳۵	۴۷۶۹	۶۲۸۲	۷۸۲۸	۸۰۳۱	۴۲۹۲	۵۲۲۵	۵۷۸۳	۶۱۴۰
۳۶	۱۳۱۹۷	۱۵۵۱۳	۱۹۲۲۵	۱۹۷۱۳	۷۵۱۳	۸۲۵۲	۹۱۸۸	۹۷۴۰
۳۷	۴۰۸۳	۴۸۷۶	۵۲۳۹	۵۳۶۸	۸۴۸۷	۹۰۷۸	۹۶۳۱	۹۸۹۳
۳۸	۱۲۴۲۶	۱۳۱۳۶	۱۵۶۰۰	۲۰۲۱۷	۲۴۶۲۴	۲۶۳۵۵	۲۸۰۵۸	۲۹۶۰۹
۳۹	۱۵۱۱۰	۱۷۰۳۰	۱۷۴۹۹	۱۷۹۶۸	۸۶۵۳	۹۳۷۶	۱۰۰۱۷	۱۰۶۱۴
۴۰	۶۸۶۰	۷۴۸۹	۸۶۱۵	۹۶۹۸	۷۵۹۶	۸۰۶۷	۸۷۱۵	۹۳۱۲
۴۱	۴۲۲۶	۳۶۳۷	۳۳۱۸	۳۰۳۹	۳۹۴۰	۵۴۹۰	۷۲۹۸	۹۴۲۷
۴۲	۲۵۵	۲۷۲	۲۹۵	۳۱۳	۴۵۵۲	۴۸۷۸	۴۸۸۰	۴۷۴۲
۴۳	۴۸۲۴	۵۱۰۵	۶۱۰۹	۸۰۵۹	۶۰۵۱	۵۵۵۲	۵۸۹۱	۶۳۳۹
۴۴	۶۴۰	۶۱۲	۶۶۵	۷۰۴	۱۰۱۷۸	۱۱۷۶۶	۱۱۷۵۱	۱۱۴۹۷
۴۵	۱۷۵۱	۱۵۵۹	۱۴۸۸	۱۴۳۲	۳۷۵۶	۳۵۳۰	۳۵۱۶	۳۳۶۲
۴۶	۵۸۵۰	۵۹۳۲	۶۳۲۱	۵۶۹۶	۹۲۷۷	۱۰۱۶۳	۱۰۵۶۴	۱۰۶۷۵
۴۷	۱۰۱۲۵	۱۰۵۶۴	۱۱۵۰۵	۱۳۱۴۴	۶۳۴۷	۶۴۸۳	۶۸۹۱	۷۰۵۹
۴۸	۷۹	۱۰۲	۱۱۷	۱۳۰	۳۸۳۶	۳۵۴۴	۳۲۹۴	۳۱۰۶

ناحیه ترافیکی	تولید سفر نواحی				جذب سفر نواحی			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۴۹	۴۹۳۷	۵۶۰۳	۶۸۰۶	۷۶۶۶	۳۳۲۱	۴۰۰۲	۴۲۴۲	۴۴۱۰
۵۰	۶۶۴۰	۷۲۰۲	۸۱۰۰	۸۵۱۰	۵۷۷۷	۶۰۳۴	۶۱۷۲	۶۲۲۰
۵۱	۶۱۷۵	۶۷۶۲	۷۶۸۰	۸۹۲۵	۵۳۳۸	۵۷۵۶	۶۰۲۷	۶۲۹۰
۵۲	۲۸۸۵	۳۳۲۲	۳۶۷۸	۳۷۶۷	۷۰۱	۸۶۴	۸۸۱	۸۷۷
۵۳	۷۲۳۶	۷۳۵۴	۷۶۹۹	۸۳۷۴	۳۱۸۸	۳۷۴۱	۳۸۶۶	۳۹۶۲
۵۴	۵۴۴۶	۵۵۸۸	۵۷۱۶	۵۸۶۷	۵۱۷۲	۶۱۱۴	۶۲۹۵	۶۴۷۵
۵۵	۵۵۴۱	۵۸۴۴	۵۹۶۹	۶۱۱۹	۴۷۶۴	۵۳۹۵	۵۷۹۰	۶۲۲۹
۵۶	۹۳۹۲	۹۶۸۵	۱۰۹۶۴	۱۱۲۱۸	۲۶۳۵	۲۹۲۶	۳۱۰۱	۳۱۴۹
۵۷	۷۱۲۱	۷۷۹۰	۷۳۷۰	۶۹۹۶	۴۰۳۱	۴۷۰۷	۵۰۹۹	۵۴۱۵
۵۸	۱۲۸۷۲	۱۶۷۲۱	۱۷۲۹۱	۱۷۷۲۳	۵۶۸۹	۷۳۳۲	۸۵۰۴	۹۷۷۸
۵۹	۱۴۱۵۳	۱۷۰۶۵	۱۷۵۶۸	۱۷۹۹۷	۵۴۳۰	۶۰۷۹	۶۵۳۴	۶۹۱۱
۶۰	۱۲۲۴۶	۱۲۰۰۳	۱۱۸۷۱	۱۱۷۸۰	۵۳۴۳	۵۶۷۳	۶۰۳۵	۶۳۲۴
۶۱	۹۰۳۷	۹۷۱۲	۱۱۸۴۰	۱۷۲۱۳	۷۳۸۲	۸۹۰۰	۱۰۴۷۲	۱۲۲۵۲
۶۲	۴۲۷۴	۴۳۸۴	۵۱۲۰	۷۲۹۱	۳۶۵۹	۴۲۴۶	۴۷۲۰	۵۳۳۱
۶۳	۱۱۸۶	۱۲۷۹	۱۳۹۹	۱۴۹۲	۱۵۱۸۲	۱۷۵۰۵	۲۰۲۰۸	۲۳۱۶۴
۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶۵	۶۵۷۱	۷۶۳۳	۷۸۴۹	۸۰۴۷	۲۵۹۰	۲۹۹۸	۳۳۹۳	۳۸۳۶
۶۶	۶۴۶۶	۶۴۹۴	۶۵۸۳	۶۶۹۹	۳۲۷۴	۳۸۸۵	۴۳۵۰	۴۸۲۳
۶۷	۹۲۵۸	۱۰۱۶۷	۱۲۵۰۰	۱۲۹۶۹	۳۴۴۷	۳۸۸۳	۴۲۲۶	۴۳۱۷
۶۸	۷۴۵۱	۸۵۴۶	۸۶۴۹	۸۷۷۹	۵۴۸۴	۵۹۵۷	۶۱۹۳	۶۳۴۲
۶۹	۱۶۴۱۳	۱۶۲۸۰	۱۶۵۱۸	۱۶۸۳۰	۱۴۸۲۴	۱۶۰۲۷	۱۶۸۵۱	۱۷۶۵۳
۷۰	۱۳۸۴۷	۱۴۷۹۰	۱۵۱۰۶	۱۵۴۹۱	۱۰۵۲۲	۱۱۸۱۷	۱۲۶۳۲	۱۳۴۹۰
۷۱	۶۸۲۲	۷۳۴۹	۸۰۳۴	۹۱۸۰	۱۶۳۷۹	۱۸۸۱۳	۱۹۸۱۵	۲۰۷۹۵
۷۲	۷۸۰۳	۷۸۷۰	۸۰۰۹	۸۱۷۳	۴۳۸۲	۵۲۷۳	۵۴۵۳	۵۵۷۶
۷۳	۶۴۳۰	۵۸۲۶	۴۷۷۱	۳۷۹۵	۳۵۸۷	۴۰۱۶	۴۲۱۸	۴۴۳۶
۷۴	۱۵۵۷	۱۱۸۷	۹۸۷	۸۷۱	۳۰۸۶	۳۸۲۶	۳۸۲۵	۳۸۰۴
۷۵	۲۹۶۱	۳۰۵۱	۳۴۵۶	۴۱۹۴	۱۱۰۷۷	۱۲۱۹۴	۱۲۶۷۹	۱۳۱۵۳
۷۶	۴۰۸۲	۴۳۶۹	۵۴۰۰	۵۹۱۷	۴۲۹۳	۵۲۷۱	۵۷۳۰	۶۰۱۱
۷۷	۳۳۵	۲۶۹	۲۵۴	۲۶۴	۷۲۲	۶۷۷	۶۳۷	۵۸۵
۷۸	۱۶۱۳۱	۱۷۶۷۴	۲۰۷۵۹	۲۲۱۲۵	۱۳۳۳۳	۱۲۵۷۳	۱۳۳۴۶	۱۴۰۳۹
۷۹	۱۰۶۰۳	۱۰۷۱۳	۱۰۹۰۲	۱۱۱۲۴	۷۳۰۰	۷۷۱۳	۸۰۳۳	۸۲۹۹
۸۰	۱۰۴۴۵	۱۰۴۲۶	۱۰۴۶۸	۱۰۵۲۲	۵۷۶۷	۶۱۹۷	۶۵۰۷	۶۷۵۳

ناحیه ترافیکی	تولید سفر نواحی				جذب سفر نواحی			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۸۱	۱۳۳۱۶	۱۳۴۹۲	۱۳۶۵۹	۱۳۸۱۱	۲۵۴۹۷	۲۸۴۴۵	۳۰۲۱۳	۳۱۶۹۲
۸۲	۱۸۷۲	۱۵۷۴	۱۵۹۴	۱۶۰۸	۲۹۴۴	۳۵۸۳	۳۸۲۳	۴۰۱۳
۸۳	۹۰۸	۹۱۹	۹۵۰	۹۷۴	۴۰۳۰	۵۱۱۳	۵۶۸۱	۶۱۴۷
۸۴	۴۸۶	۴۷۵	۵۱۴	۵۴۳	۶۵۰۳	۱۰۳۵۷	۱۱۹۰۵	۱۲۹۸۷
۸۵	۶۲۱۹	۶۲۷۳	۶۳۱۶	۶۳۶۴	۷۲۵۰	۸۶۹۴	۹۲۲۴	۹۶۰۵
۸۶	۱۱۸۷	۲۰۹۳	۲۲۱۹	۲۳۳۶	۲۴۶۷۰	۲۷۲۷۹	۲۹۶۱۷	۳۲۶۳۸
۸۷	۱۲۹۲۷	۱۲۹۴۱	۱۳۰۲۳	۱۳۱۱۸	۱۰۲۱۵	۱۱۴۵۲	۱۲۰۴۱	۱۲۵۰۲
۸۸	۹۵۰۴	۹۶۴۹	۹۷۱۷	۹۷۹۶	۱۰۷۴۲	۱۱۹۱۰	۱۲۵۶۱	۱۳۱۰۱
۸۹	۱۲۰۹۲	۱۱۹۷۹	۱۲۰۴۷	۱۲۱۳۰	۶۴۵۴	۷۱۹۵	۷۷۳۰	۸۲۵۶
۹۰	۱۲۸۲۵	۱۳۰۵۷	۱۳۱۷۰	۱۳۲۹۱	۱۸۶۳۸	۲۰۶۳۹	۲۲۲۹۰	۲۳۹۷۳
۹۱	۱۵۰۳۱	۱۴۹۳۱	۱۵۰۱۷	۱۵۱۳۲	۵۳۴۲	۵۹۸۹	۶۴۲۹	۶۸۱۹
۹۲	۷۴۰۶	۷۴۳۷	۷۴۸۸	۷۵۵۱	۳۸۶۳	۴۱۳۱	۴۳۲۴	۴۴۷۳
۹۳	۱۵۰۳۸	۱۶۵۷۵	۱۶۸۴۳	۱۷۰۲۱	۵۰۶۴	۶۳۱۸	۷۲۸۵	۸۰۸۴
۹۴	۱۶۲۵۶	۱۸۰۵۲	۱۸۳۶۶	۱۸۶۸۰	۸۷۴۷	۱۰۰۲۲	۱۰۹۳۲	۱۱۸۷۲
۹۵	۲۳۹	۱۱۸۰	۲۸۶۲	۴۳۱۶	۲۵۷۶	۲۵۰۰	۳۳۵۹	۴۲۳۱
۹۶	۸۳۲۴	۹۱۸۶	۹۳۷۳	۹۵۱۷	۳۳۷۷	۴۱۶۹	۴۷۰۶	۵۲۴۵
۹۷	۵۶۷	۱۹۹۱	۳۴۴۷	۴۰۰۴	۴۷۲۴	۵۶۴۹	۶۸۰۷	۸۱۴۵
۹۸	۹۳۸۲	۱۰۳۴۵	۱۰۶۳۲	۱۰۹۰۹	۱۶۷۰۸	۲۰۰۱۵	۲۶۰۹۶	۳۴۱۸۸
۹۹	۸۶۳۰	۸۶۴۴	۸۶۹۷	۸۷۷۳	۱۶۸۹	۱۹۳۲	۲۲۲۸	۲۶۰۰
۱۰۰	۱۰۲۵	۵۲۰۲	۱۳۶۲۸	۲۱۲۸۳	۵۴۰	۱۳۶۱	۲۹۷۳	۴۷۸۵
۱۰۱	۱۵۵	۱۶۶	۱۷۹	۱۹۱	۲۶۰۳	۲۸۵۷	۳۱۲۲	۳۴۶۹
۱۰۲	۶۰۲۴	۶۰۱۶	۶۰۴۴	۶۰۸۱	۴۲۱۶	۴۶۸۲	۴۹۲۲	۵۱۵۰
۱۰۳	۲۳۵۴۸	۲۴۶۹۱	۲۵۰۶۴	۲۵۴۱۶	۹۸۹۴	۱۱۱۸۷	۱۱۸۹۸	۱۲۴۹۲
۱۰۴	۳۴۱	۸۳۰	۲۰۴۶	۲۵۴۵	۱۰۵۰	۱۶۹۷	۲۵۵۹	۳۴۸۰
۱۰۵	۳۳۲۱	۹۶۴۸	۱۱۵۵۴	۱۲۲۹۸	۵۱۰۸	۶۶۲۹	۷۵۶۵	۸۴۵۲
۱۰۶	۲۴۱۹۶	۲۷۶۶۸	۳۳۹۶۵	۳۶۰۹۹	۷۴۲۴	۷۲۳۹	۸۰۵۹	۸۴۴۸
۱۰۷	۲۰۹۴۸	۳۹۱۵۴	۴۵۸۴۳	۶۳۵۷۸	۶۵۸۹	۷۶۱۵	۸۵۲۳	۱۰۲۷۵
۱۰۸	۵۱۸۴	۱۲۳۰۳	۱۴۴۶۷	۱۵۲۵۰	۳۶۱۰	۵۰۴۸	۵۸۱۵	۶۱۷۵
۱۰۹	۵۴۶	۱۲۹۵	۱۳۹۵	۱۴۸۷	۲۹۰۹۰	۲۹۶۲۱	۳۱۰۸۷	۳۳۱۹۹
۱۱۰	۱۲۴۹۰	۱۳۵۳۲	۱۴۲۹۰	۱۴۵۳۷	۳۳۶۶	۴۳۹۵	۵۰۵۱	۵۵۳۱
۱۱۱	۱۴۱۹	۱۴۱۴	۱۴۵۱	۱۴۶۵	۲۴۳۵	۲۹۶۰	۳۴۰۵	۳۸۰۰
۱۱۲	۱۰۶۸	۴۳۸۵	۲۱۰۶۸	۲۶۷۹۵	۴۲۷۲	۵۱۴۸	۷۰۶۸	۷۸۷۷

ناحیه ترافیکی	تولید سفر نواحی				جذب سفر نواحی			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۱۳	۷۰۶۰	۵۷۵۸	۴۹۹۰	۴۴۹۲	۲۴۳۵۵	۲۷۸۱۹	۲۹۸۴۳	۳۱۶۴۱
۱۱۴	۱۳۸۹۴	۱۳۸۶۳	۱۴۰۴۷	۱۴۱۰۴	۳۵۴۹	۴۱۵۲	۴۴۷۹	۴۷۷۷
۱۱۵	۹۱۶۴	۹۰۶۳	۹۱۸۰	۹۲۱۶	۲۶۱۷	۳۰۵۳	۳۳۲۴	۳۵۷۲
۱۱۶	۳۵۶۶	۳۹۳۱	۴۱۵۹	۴۲۳۹	۱۹۰۳	۲۱۱۲	۲۴۶۱	۲۸۰۶
۱۱۷	۱۱۸۹۶	۹۳۴۳	۷۲۴۰	۵۶۴۱	۴۱۶۵	۴۴۴۸	۴۶۵۶	۴۹۰۳
۱۱۸	۱۱۶۳۱	۹۱۱۰	۷۲۰۳	۵۷۴۷	۱۱۷۱۴	۱۲۵۶۵	۱۳۳۷۳	۱۴۲۸۱
۱۱۹	۹۰۳۰	۹۰۵۸	۹۱۱۶	۹۰۸۹	۴۰۹۱	۴۵۸۴	۴۸۲۷	۵۰۷۳
۱۲۰	۱۱۱۲۴	۸۸۲۶	۶۹۷۶	۵۵۵۵	۱۴۳۵۶	۱۵۳۱۰	۱۵۹۶۰	۱۶۵۸۶
۱۲۱	۱۲۳۸۲	۱۲۷۹۱	۱۳۱۱۶	۱۳۲۰۴	۲۹۲۲	۳۳۳۹	۳۴۷۶	۳۵۷۰
۱۲۲	۱۲۱۰۴	۱۰۹۳۹	۸۷۹۰	۷۰۵۳	۳۸۰۹	۳۷۰۶	۳۷۰۶	۳۷۳۸
۱۲۳	۵۴۲۴	۴۹۵۳	۴۳۷۵	۳۸۳۸	۵۸۱۵	۵۷۲۸	۵۹۹۴	۶۲۳۵
۱۲۴	۱۱۹۵۱	۹۴۹۸	۷۴۳۱	۵۸۵۴	۳۲۲۴	۳۳۹۴	۳۴۹۳	۳۶۰۵
۱۲۵	۸۷۸۲	۸۸۵۷	۹۰۰۱	۹۰۴۴	۲۸۱۱	۳۰۴۰	۳۲۰۵	۳۳۳۰
۱۲۶	۶۲۶۶	۴۶۸۳	۳۵۷۲	۲۸۳۳	۲۶۲۸	۲۹۵۵	۳۱۹۸	۳۴۳۸
۱۲۷	۸۲۱۷	۸۶۳۲	۸۹۲۴	۸۹۹۶	۳۳۸۸	۳۶۸۲	۳۹۲۶	۴۱۲۰
۱۲۸	۵۷۰۲	۵۳۸۲	۴۳۶۸	۳۴۱۰	۷۵۸	۶۹۱	۶۳۲	۵۸۷
۱۲۹	۴۳۲۷	۳۳۰۸	۲۵۷۸	۲۰۹۶	۴۸۵۴	۴۹۹۶	۵۰۳۵	۵۰۴۸
۱۳۰	۹۴۲۹	۱۳۲۱۶	۱۴۴۹۱	۱۴۸۴۸	۶۲۵۷	۷۰۲۰	۷۶۱۱	۸۰۷۲
۱۳۱	۱۴۲۸۲	۱۸۳۰۷	۲۶۶۳۳	۲۹۳۴۳	۹۱۴۴	۱۰۴۴۱	۱۱۹۰۸	۱۲۶۴۷
۱۳۲	۲۶۸۲	۲۴۹۵	۲۵۰۷	۲۵۲۱	۹۸۶	۱۴۰۴	۱۶۸۱	۱۸۸۲
۱۳۳	۱۲۹۹۴	۱۱۴۵۳	۹۱۲۷	۷۳۹۹	۱۲۷۵۷	۱۳۲۲۰	۱۳۹۳۳	۱۴۵۳۷
۱۳۴	۶۷۱۴	۷۲۹۱	۸۶۴۴	۱۱۳۹۳	۲۶۸۱	۳۲۵۶	۴۱۶۰	۵۳۵۴
۱۳۵	۹۷۰۰	۹۰۹۴	۷۷۷۱	۶۶۶۷	۸۰۶۶	۸۵۱۵	۸۹۳۰	۹۲۹۵
۱۳۶	۱۰۴۴۷	۱۰۰۰۹	۹۹۱۷	۹۸۴۲	۵۶۵۷	۶۲۸۰	۶۷۲۶	۷۰۹۳
۱۳۷	۵۶۶۲	۵۵۸۳	۴۵۷۳	۳۶۲۶	۱۵۴۳	۲۵۱۳	۳۰۳۱	۳۴۳۲
۱۳۸	۴۹۵۰	۵۸۰۰	۸۰۲۹	۸۲۵۳	۲۵۹۷	۳۱۲۵	۳۴۸۶	۳۶۰۳
۱۳۹	۴۸۳۱	۷۸۲۳	۸۰۳۹	۸۲۵۹	۴۵۰۵	۵۹۹۴	۶۵۵۸	۶۹۶۱
۱۴۰	۴۳۱۹	۵۳۸۷	۷۸۹۵	۱۲۰۴۷	۳۹۹۲	۴۴۲۶	۴۹۸۷	۵۵۸۸
۱۴۱	۸۵۰۱	۸۴۷۵	۸۵۲۱	۸۵۷۳	۶۷۲۲	۷۱۷۵	۷۷۸۰	۸۲۵۸
۱۴۲	۸۴	۸	۹	۱۰	۹۵	۱۵۰	۱۹۵	۲۳۶
۱۴۳	۷۱۵۹	۸۴۱۲	۸۸۸۲	۱۰۴۷۲	۱۱۰۵۷	۱۰۳۰۴	۱۰۶۷۶	۱۰۹۰۴
۱۴۴	۵۱۱۳	۵۰۳۹	۵۰۳۶	۴۰۵۹	۵۶۶۲	۵۴۵۵	۵۶۰۷	۵۵۱۸

ناحیه ترافیکی	تولید سفر نواحی				جذب سفر نواحی			
	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷	۱۴۰۲	۱۴۰۷	۱۴۱۲	۱۴۱۷
۱۴۵	۳۱۹۵	۴۵۴۲	۷۱۷۴	۸۵۷۷	۲۷۶۴	۳۲۵۶	۴۱۵۱	۴۶۷۰
۱۴۶	۱۴۶۸۳	۱۵۲۸۱	۱۵۶۴۴	۱۶۰۱۵	۶۲۶۷	۶۸۶۲	۷۳۳۸	۷۷۱۶
۱۴۷	۱۱۸۱۹	۱۰۸۰۲	۱۰۰۲۵	۸۰۷۴	۹۲۷۲	۹۹۱۰	۱۰۴۱۲	۱۰۶۷۴
۱۴۸	۷۴۶۴	۸۷۷۱	۹۵۷۸	۱۱۸۷۹	۳۵۸۳	۳۶۹۸	۴۰۹۸	۴۵۹۰
۱۴۹	۴۷۱۳	۷۰۴۵	۱۱۱۴۵	۱۷۱۷۲	۲۸۲۹	۳۷۰۷	۴۸۴۹	۶۰۹۸
۱۵۰	۱۷۹۳۹	۱۸۰۹۸	۱۸۴۸۱	۱۸۹۱۵	۵۹۴۶	۶۶۶۰	۷۵۸۰	۸۶۱۵
۱۵۱	۱۴۳۴۶	۱۵۴۰۷	۱۷۲۶۷	۲۰۹۰۸	۶۷۹۸	۷۱۱۱	۷۶۳۱	۸۲۷۳
۱۵۲	۱۳۳۱۱	۱۳۵۲۸	۱۳۸۴۸	۱۴۱۹۲	۱۲۰۲۰	۱۲۶۰۳	۱۳۱۲۵	۱۳۵۶۹
۱۵۳	۱۹۳	۳۲۴	۴۳۷	۱۰۳۸	۳۳۶۱	۶۵۲۸	۹۲۷۹	۱۱۷۷۴
۱۵۴	۲۶۱	۲۸۴	۳۰۸	۳۲۷	۹۴۶۴	۹۲۸۷	۱۰۲۱۲	۱۰۶۴۱
۱۵۵	۷۷۲۰	۹۴۰۹	۹۶۰۷	۹۸۲۱	۷۳۹۷	۶۳۱۰	۶۷۴۹	۶۳۶۹

۳-۵- برآورد تقاضای سفر در شرایط اضطراری براساس گزینه‌های پدافند غیرعامل و مدیریت بحران (تخلیه و اسکان اضطراری)

در دنیای امروز، شهرها به عنوان کانون‌های اصلی تمرکز جمعیت و سرمایه، همواره در معرض تهدیدات گوناگون طبیعی (مانند زلزله و سیل) و انسان‌ساخت (مانند جنگ و حملات تروریستی) قرار دارند. پدافند غیرعامل[۱] به مجموعه‌ای از اقدامات غیرمسلحانه اطلاق می‌شود که موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقای پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات می‌گردد.

در نظام برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری، شبکه معابر و زیرساخت‌های جابجایی نه تنها به عنوان شریان‌های حیاتی برای تداوم زندگی عادی محسوب می‌شوند، بلکه در شرایط بحران، نقشی دوگانه و حیاتی می‌یابند: نخست به عنوان بستر تخلیه جمعیت از کانون‌های خطر و دوم به عنوان مسیرهای امدادرسانی برای ورود نیروهای عملیاتی.

بررسی اسناد فرادست از جمله ضابطه ۸۰۱، مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان و دستورالعمل الزامات و ملاحظات دفاعی و پدافند غیرعامل در طرح‌های توسعه و عمران شهری، نشان می‌دهد که رویکرد سنتی به مهندسی ترافیک که صرفاً بر مبنای سطح سرویس (LOS) در شرایط عادی استوار است، برای پاسخگویی به شرایط اضطراری ناکافی است. لذا، ادغام ملاحظات پدافند غیرعامل در مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری و حومه، نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت استراتژیک جهت ارتقای تاب‌آوری[۲] شهری است.

۱-۵-۳- کلیات تحلیل پدافند غیرعامل

این بخش از گزارش با استناد به تجارب مطالعاتی و دستورالعمل‌های مصوب شورای عالی شهرسازی و معماری ایران و سازمان برنامه و بودجه کشور، به تبیین چارچوب فنی مطالعات پدافند غیرعامل در حوزه حمل‌ونقل می‌پردازد.

هدف غایی مطالعات پدافند غیرعامل در بستر طرح‌های جامع حمل‌ونقل، گذار از مفهوم کارایی[۳] به مفهوم پایداری و امنیت[۴] است. اهداف کلان و خرد این مطالعات به شرح زیر تبیین می‌گردد:

تداوم کارکرد شریان‌های حیاتی[۵]: شبکه حمل‌ونقل باید به گونه‌ای طراحی یا اصلاح شود که در صورت انهدام یا مسدود شدن بخشی از شبکه[۶]، ارتباطات حیاتی قطع نگردد. این هدف از طریق رعایت اصول فریب، پراکندگی و

[۱] Passive Defense
[۲] Resilience
[۳] Efficiency
[۴] Security and Sustainability
[۵] Continuity of Operations
[۶] Link Failure

موازی‌سازی در شبکه معابر محقق می‌شود. ایجاد مسیرهای جایگزین[۱] برای دسترسی به کاربری‌های حساس (مانند بیمارستان‌ها و مراکز فرماندهی) از اولویت‌های اصلی است.

تسهیل و تسریع در تخلیه جمعیت[۲]: یکی از سناریوهای اصلی در پدافند غیرعامل، تخلیه اضطراری جمعیت از کانون‌های خطر (مانند محدوده اصابت موشک یا نشت مواد شیمیایی) به سمت مناطق امن است. هدف مطالعات حمل‌ونقل، مدل‌سازی این فرآیند جهت به حداقل رساندن زمان تخلیه[۳] و جلوگیری از قفل‌شدگی شبکه[۴] است.

مکان‌یابی بهینه کاربری‌های امدادی و اسکان: تضمین دسترسی‌پذیری[۵] به مراکز اسکان اضطراری و مراکز درمانی در شرایطی که شبکه معابر دچار آسیب شده است. این امر نیازمند تحلیل توأم کاربری اراضی و شبکه حمل‌ونقل است.

کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها: شناسایی نقاط گلوگاهی[۶] و سازه‌های آسیب‌پذیر (مانند پل‌های استراتژیک و تونل‌ها) و ارائه راهکارهای مهندسی یا ترافیکی برای کاهش ریسک انسداد آن‌ها.

برآورد تقاضا در شرایط بحران[۷] تفاوت‌های بنیادینی با مدل‌سازی تقاضای سفر در شرایط عادی (روش چهار مرحله‌ای کلاسیک) دارد. در شرایط عادی، سفرها بر اساس مطلوبیت و با الگوی تکرارپذیر انجام می‌شوند، اما در شرایط بحران، رفتار سفر تابعی از ادراک خطر، دستورالعمل‌های حاکمیتی و اضطرار است. فرآیند فنی برآورد تقاضا در این بخش باید شامل مراحل زیر باشد:

الف. تعریف سناریوی پایه

پیش از هرگونه مدل‌سازی، باید سناریوی تهدید[۸] مشخص گردد. بر اساس ضوابط پدافند غیرعامل و مطالعات نمونه (مانند شهر کرمان)، سناریوها معمولاً به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- **سناریوی هشدار**[۹]: زمانی که فرصت کافی برای تخلیه وجود دارد (مانند پیش‌بینی حمله هوایی). در این حالت، تخلیه می‌تواند برنامه‌ریزی شده باشد.

---

۱ Redundancy
۲ Evacuation Efficiency
۳ Clearance Time
۴ Gridlock
۵ Accessibility
۶ Bottlenecks
۷ Disaster Demand Modeling
۸ Threat Scenario
۹ Warning Scenario

- **سناریوی غافلگیری**[۱]: زمانی که حادثه رخ داده است (مانند انفجار آنی). در این حالت، تخلیه به صورت سراسیمه و با شوک ناگهانی به شبکه انجام می‌شود.

نکته فنی: در مطالعات جامع، معمولاً بدترین حالت[۲] ملاک عمل قرار می‌گیرد که اغلب شامل وقوع بحران در ساعت اوج ترافیک است.

ب. تعیین جمعیت در معرض خطر[۳]

برخلاف مطالعات عادی که بر اساس جمعیت ساکن (شب) مدل‌سازی می‌شود، در پدافند غیرعامل باید جمعیت شناور محاسبه گردد.

- استفاده از ماتریس‌های جذب سفر برای تخمین جمعیت حاضر در کاربری‌های اداری، آموزشی و تجاری در ساعت پیک.
- شناسایی تراکم جمعیت در پهنه‌های پرخطر[۴] که در همپوشانی با مراکز ثقل (حیاتی و حساس) قرار دارند.

پ. نرخ مشارکت در تخلیه[۵]

همه افراد حاضر در منطقه خطر اقدام به تخلیه نمی‌کنند و همه افراد خارج از منطقه نیز بی‌تفاوت نمی‌مانند (پدیده Shadow Evacuation). برای برآورد تقاضا، باید ضریبی تحت عنوان نرخ تخلیه برای نواحی مختلف لحاظ گردد. بر اساس مراجع معتبر مدیریت بحران (مانند FEMA یا مطالعات داخلی)، این نرخ برای نواحی کانون بحران ۱۰۰ درصد و برای نواحی مجاور بسته به فاصله، کاهش می‌یابد.

ت. تولید و توزیع سفر اضطراری[۶]

در این مرحله، ماتریس مبدأ-مقصد (O-D Matrix) بحران ساخته می‌شود.

- **مبدأ**: نواحی آسیب‌دیده یا در معرض تهدید.
- **مقصد**: برخلاف مدل‌های جاذبه که سفر بر اساس جذابیت توزیع می‌شود، در اینجا سفرها به نزدیک‌ترین و امن‌ترین نقطه[۷] تخصیص می‌یابند.

---

۱ No-Notice Scenario
۲ Worst Case Scenario
۳ Population at Risk - PAR
۴ High-Risk Zones
۵ Evacuation Participation Rate
۶ Emergency Trip Generation & Distribution
۷ Nearest Safe Haven

روش محاسبه: استفاده از مدل‌های تخصیص مکان-محور[۱]. نرم‌افزارهای GIS و مهندسی ترافیک (مانند EMME یا Visum) باید طوری تنظیم شوند که تقاضا را به نزدیک‌ترین شلتر[۲] یا دروازه خروجی شهر[۳] هدایت کنند.

ث. تفکیک شیوه سفر

در شرایط بحران، سیستم حمل‌ونقل همگانی (اتوبوس، مترو) ممکن است غیرفعال شده یا صرفاً در اختیار نیروهای امدادی باشد.

- فرض غالب در سناریوهای پدافند: سهم عمده سفرها با خودروی شخصی (به دلیل تمایل خانواده‌ها به با هم بودن) و در فواصل کوتاه به صورت پیاده انجام می‌شود.
- ضریب سرنشین خودرو در شرایط تخلیه معمولاً بالاتر از شرایط عادی لحاظ می‌شود (خانوادگی).

۲-۵-۳- مکان‌یابی محل‌های پیشنهادی برای اسکان اضطراری و تخلیه امن

یکی از ارکان اصلی گزارش‌های پدافند غیرعامل در طرح‌های جامع، تعیین مقاصد تخلیه است. این مکان‌ها باید دارای ویژگی‌های عملکردی و کالبدی خاصی باشند تا بتوانند پذیرای جمعیت آسیب‌دیده باشند.

الف. معیارهای فنی مکان‌یابی

بر اساس دستورالعمل الزامات دفاعی و پدافند غیرعامل، مکان‌های اسکان اضطراری باید واجد شرایط زیر باشند:

- ✓ عدم همجواری با کاربری‌های خطرناک: فاصله ایمن از پمپ بنزین‌ها، مراکز نظامی، تأسیسات شیمیایی و خطوط فشار قوی برق.
- ✓ دسترسی‌پذیری[۴]: قرارگیری در مجاورت شریان‌های درجه ۱ و ۲ شهری جهت تسهیل ورود جمعیت و نیروهای امدادی. باید حداقل دو مسیر دسترسی مستقل برای هر سایت وجود داشته باشد.
- ✓ زیرساخت‌های حیاتی: امکان تأمین سریع آب، برق اضطراری و سرویس‌های بهداشتی.
- ✓ پایداری سازه‌ای: عدم وجود ساختمان‌های بلندمرتبه و ناامن در شعاع ریزش.

ب. کاربری‌های پیشنهادی جهت اسکان

با توجه به اسناد بررسی شده، کاربری‌های زیر به عنوان اولویت‌های اسکان اضطراری در شهرها پیشنهاد می‌شوند:

---

[۱] Location-Allocation
[۲] Shelter
[۳] External Cordon
[۴] Accessibility

پارک‌ها و فضاهای سبز شهری: پارک‌ها به عنوان گزینه‌های اصلی اسکان موقت[۱] شناخته می‌شوند.

مزایا: فضای باز وسیع، عدم وجود خطر آوار، وجود زیرساخت‌های اولیه (آب و سرویس بهداشتی).
اقدام پیشنهادی: تجهیز پارک‌های منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای به پدهای هلیکوپتر و مخازن آب اضطراری (مطابق مبحث پدافند). پارک‌های جنگلی در حاشیه شهرها برای اسکان طولانی‌مدت مناسب‌ترند.

مجموعه‌های ورزشی و استادیوم‌ها: یکی از گزینه‌های مهم اسکان موقت این مجموعه‌های هستند.

مزایا: دارای فضاهای سرپوشیده وسیع (سوله‌ها) برای اسکان در شرایط جوی نامناسب، سرویس‌های بهداشتی و دوش، و حصارکشی مشخص برای کنترل امنیت.
نکته: سازه این مکان‌ها باید دارای ضریب اهمیت خیلی زیاد در طراحی لرزه‌ای باشد.

مدارس و مراکز آموزشی با حیاط وسیع: مدارس به عنوان پایگاه‌های مدیریت بحران محله‌ای[۲] عمل می‌کنند. اگرچه ظرفیت آن‌ها محدودتر از پارک‌هاست، اما پراکندگی مناسبی در سطح بافت شهری دارند.

اراضی بایر و پهنه‌های باز حاشیه شهر: این اراضی برای برپایی کمپ‌های اسکان اردوگاهی در سناریوهایی که شهر باید کاملاً تخلیه شود (مانند زلزله‌های ویرانگر یا آلودگی شیمیایی گسترده) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پایانه‌های مسافربری و پارکینگ‌های طبقاتی (با ملاحظات خاص): پایانه‌ها به دلیل دسترسی عالی به شبکه برون‌شهری، می‌توانند به عنوان نقاط تبادل سفر برای تخلیه به شهرهای معین مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۵-۳- استراتژی تخلیه: اسکان درونی و اسکان بیرونی

گزارش باید تفکیک مشخصی بین دو رویکرد قائل شود:

- اسکان درونی[۳]: انتقال جمعیت به پارک‌ها و فضاهای امن داخل محدوده شهر. مناسب برای بحران‌های محدود یا زلزله‌های متوسط.
- اسکان بیرونی[۴]: هدایت ترافیک به سمت کمربندی‌ها و خروجی‌های شهر جهت اسکان در شهرهای اقماری یا کمپ‌های خارج شهر. در این حالت، ظرفیت محورهای خروجی پارامتر تعیین‌کننده است.

---
۱ Temporary Shelter
۲ Neighborhood Hubs
۳ Internal Shelter
۴ External Evacuation

بررسی دقیق ضابطه ۸۰۱ و دستورالعمل‌های پدافند غیرعامل نشان می‌دهد که موفقیت طرح‌های جامع حمل‌ونقل در گرو انعطاف‌پذیری[۱] شبکه است. در این بخش از گزارش، ضمن تبیین اهداف و متدولوژی برآورد تقاضا، بر اهمیت مکان‌یابی صحیح مراکز اسکان تأکید شد.

الزامات نهایی برای کاربست در مدل‌سازی‌های حمل‌ونقل عبارتند از:

- به‌روزرسانی ماتریس‌های مبدأ-مقصد: در مطالعات باید علاوه بر ماتریس‌های عادی، ماتریس‌های سناریوی بحران نیز تولید گردد.
- تحلیل سطح سرویس معابر در حالت تخلیه: شناسایی لینک‌هایی که نسبت حجم به ظرفیت (V/C) آن‌ها در سناریوی تخلیه از عدد یک تجاوز می‌کند و ارائه راهکارهای اصلاح هندسی یا مدیریتی (مانند یکطرفه کردن معابر).
- یکپارچگی با مدیریت بحران: نقشه‌های حمل‌ونقل باید با لایه‌های GIS مدیریت بحران شهر (محل بیمارستان‌ها، آتش‌نشانی‌ها و مراکز اسکان) همپوشانی کامل داشته باشد.

این چارچوب تضمین می‌کند که طرح جامع حمل‌ونقل، سندی پویا و کارآمد برای حفظ جان شهروندان و سرمایه‌های ملی در شرایط تهدید خواهد بود. البته لازم به ذکر است بر اساس ضابطه ۸۰۱ صفحه ۳۱۷، مطالعات پدافند غیرعامل به طور جداگانه توسط سازمان پدافند غیرعامل انجام می‌شود. در صورت نبود این مطالعات، انجام این بند باید با استعلام از سازمان پدافند غیرعامل انجام شود.

[۱] Flexibility



شکل ۳-۸۲ : کلیات مطالعات بخش پدافند غیرعامل

مشـــاوران اندیشـــکار

تاسیس ۱۳۵۵

تهران – سعادت آباد – خیابان علامه طباطبایی-
کوچه شهید قدیری (۳۰ غربی) – پلاک ۳

www.andishkar.com

info@andishkar.com

(۰۲۱) ۸۸ ۶۸۰ ۲۲۴ – ۸۸ ۶۹۰ ۴۲۸

(۰۲۱) ۸۸ ۶۹۰ ۴۳۳