اثرسنجی اندازه نواحی ترافیکی بر نتایج تخصیص ترافیک

امیررضا ممدوحی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس
صالحه کامیاب ، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه تربیت مدرس
علیرضا ماهپور*، کارشناس ارشد مهندسی عمران، گرایش برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه تربیت مدرس
*ar.mahpour@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: دی ۹۰ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۹۱

چکیده

یکی از نخستین قدم‌ها درطرح‌های مطالعات برنامه‌ریزی حمل و نقل تقسیم‌بندی منطقه مورد مطالعه به چندین ناحیه ترافیکی، به منظور تجمعی کردن اطلاعات سفرها است. در مطالعات متعددی در سطح جهانی به بررسی تاثیر هم‌فزون‌سازی نواحی ترافیکی بر نتایج تخصیص ترافیک پرداخته شده است، ولی مطالعات بسیار کمی در داخل کشور در رابطه با اثرسنجی نقش ناحیه‌بندی بر مراحل مختلف مطالعات حمل و نقل وجود دارد. مرور ادبیات موجود اهمیت و تاثیر تعداد نواحی و روش ناحیه‌بندی بر نتایج مراحل مختلف مطالعات حمل و نقل را آشکار می‌کند. در مقاله حاضر یک ارزیابی کمی در رابطه با تاثیر هم‌فزون‌سازی نواحی ترافیکی بر نتایج تخصیص ترافیک در نمونه موردی شهر مشهد انجام گرفته است. در اجرای هم‌فزون‌سازی نواحی ترافیکی در هر مرحله بر عواملی از جمله حفظ همگونی نواحی تازه ایجاد شده، احترام به مرزهای آماری و توجه به جداکننده‌های فیزیکی تا حد امکان تاکید شده است. برای مقایسه، نمودار پراکنش نتایج سناریوهای مختلف در برابر آمار مشاهده حجم کمان‌ها رسم شده و تحلیل آماری با استفاده از پارامترهای آماری از جمله ضریب خوبی برازش و تست t انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که هم‌فزونی ناحیه‌ها و کاهش تعداد نواحی در هر مرحله باعث کاهش دقت بازسازی مشاهدات حجم در کمان‌های منتخب شبکه شهری مشهد است.

واژه‌های کلیدی : ناحیه‌بندی، هم‌فزون‌سازی، تخصیص ترافیک، مشهد.

۱- مقدمه

ناحیه بندی محدوده مورد مطالعه به منظور هم‌فزون کردن اطلاعات سفرهای خانوارها برای استفاده در مدل‌های حمل و نقل و دست‌یابی به تعداد سفرهای تولید و جذب شده در محدوده مورد مطالعه صورت می‌گیرد. دو مشخصه اصلی در ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه عبارتند از: تعداد ناحیه‌ها و وسعت هر ناحیه. تعداد نواحی مطلوب باید با توجه به دقت و هدف مطالعه و میزان هزینه مورد نظر، تعیین شوند. با افزایش تعداد نواحی ترافیکی، شبیه‌سازی رفتار سفرها واقعی‌تر می‌شود اما باعث دشوارشدن عملیات جمع‌آوری اطلاعات و مدل‌سازی و نیز افزایش هزینه، زمان و نیروی انسانی مورد نیاز می‌گردد. با کاهش تعداد نواحی وسعت هر ناحیه افزایش می‌یابد که این افزایش به خصوص در نواحی مرکزی محدوده مورد مطالعه باعث کاهش دقت، از بین رفتن همگونی این نواحی و افزایش تعداد سفرهای درون‌ناحیه‌ای خواهد شد (مطالعات به‌هنگام‌سازی طرح جامع حمل و نقل شهرمشهد ۱۳۸۹).

نواحی ترافیکی به عنوان واحد سطحی قابل تغییر[1] اولین بار در سال ۱۹۵۰ تعریف شدند. واحد سطحی قابل تغییر یک واحد جغرافیایی است که در راستای بهبود آنالیز می‌تواند تقسیم شود و یا با ناحیه‌های جغرافیایی دیگر به صورت یکپارچه عمل کند (Yule & Kendall 1950). مفهوم واحدسطحی قابل تغییر در چند دهه گذشته نیز موضوع مطالعات برنامه‌ریزی حمل و نقل بوده است و در اکثر تحقیقات مرتبط با واحدهای سطحی قابل تغییر به تعیین ساختار مناسب برای نواحی ترافیکی مورد آنالیز توجه شده است (Change et al 2002). در حال حاضر دو جنبه از تاثیرات واحد سطحی قابل تغییر به خوبی شناخته شده است، تاثیر مقیاس۲ و تاثیر ناحیه‌ای۳. تاثیر مقیاس زمانی رخ می‌دهد که تعداد متفاوتی از ناحیه‌ها با اندازه و شکل متفاوت در اثر هم‌فزونی ایجاد شوند و تاثیر ناحیه‌ای نتیجه هم‌فزونی ناحیه‌ها در اشکال و اندازه متفاوت در یک مقیاس ثابت است (Nix 2009). در این رابطه یک ارزیابی کمی درباره تاثیر سطوح مختلف هم‌فزونی اطلاعات جمعیت‌شناسی و ویژگی‌هایی اقتصادی-اجتماعی نواحی ترافیکی بر نتایج حاصل از شبیه‌سازی سیستم حمل و نقل انجام

1- Modifiable areal unit

2- Scale effect
3-Zonal effect

شده است. در این تحقیق در ابتدا یک ناحیه‌بندی بر اساس جداسازی توسط جداکننده‌های فیزیکی (رودخانه، راه آهن و...) انجام شد که در نتیجه آن ۱۰ ناحیه ترافیکی به دست آمد. سپس هر ناحیه به زیرناحیه‌های کوچکتر طی چندین سناریو (۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۶۵، ۷۰ و ۷۵ ناحیه)، با حفظ همگونی نواحی، تقسیم گردید. با مدل‌سازی سیستم عرضه حمل و نقل و تقریب تقاضای سفر و تخصیص به شبکه و مقایسه پارامترهایی از قبیل تراکم و هزینه دریافتند که سطحی از هم‌فزونی وجود دارد که هم‌فزون کردن بیش از آن تاثیر مثبتی بر نتایج نخواهد داشت (Cian & Binetti 2002).

در یک مطالعه موردی بر روی شهر بوستون به بررسی تاثیر مقیاس در مرحله تفکیک سفر پرداخته شد که در آن محققین به عنوان داده از اطلاعات آماری و اطلاعات سفرهای روزانه سال ۱۹۹۰ شهر بوستون در ۸ سیستم ناحیه‌بندی مختلف استفاده کردند. ۵ سیستم از این ۸ سیستم از نوع سیستم چهارخانه[1] در اندازه‌های مختلف و سه سیستم دیگر بر اساس بلوک‌های آماری[2]، گروه‌های بلوکی[3] و نواحی ترافیکی[4] بود. با استفاده از مدل لوجیت چندجمله‌ای احتمال استفاده از یک مود سفر خاص برای سفرهای کاری و غیرکاری خانه‌مبنا برای هر یک از هشت سیستم کالیبره شد. ژانگ و همکارانش پیشنهاد کردند که سیستم هم‌فزون چهارخانه به نسبت سایر سیستم‌ها نتایج مناسب‌تری ارائه داده است (Zhang et al 2005).

در یک تحقیق انجام شده در سال ۲۰۰۹ با عنوان بررسی تاثیر کمی واحدهای سطحی قابل تغییر بر مدل‌های تقاضای سفر به بررسی تاثیر مقیاس واحدهای سطحی قابل تغییر بر مرحله تخصیص سفر پرداخته شده است. پژوهشگر این تحقیق همچنین با بررسی دو سیستم ناحیه‌بندی (۹۳۹ ناحیه‌ای و ۵۹۹۶ ناحیه‌ای) و ساخت دو مدل تفکیک سفر با ضرایب یکسان و به دست آوردن ضریب خوبی برازش مدل‌ها و ضرایب متغیرها نشان داد که ساختار هم‌فزون دقت کمتری در ضرایب متغیرهای مستقل در مقایسه با ساختار غیرهم‌فزون دارد. وی همچنین به بررسی نتایج تخصیص ترافیک تعادلی کاربر بین دو سیستم هم‌فزون و غیرهم‌فزون پرداخت و برای مقایسه از ماتریس مبدا–مقصد در سه ساعت متوالی از صبح استفاده کرد و نتایج به دست آمده از تخصیص ترافیک را با نتایج مشاهده شده ۱۹۷ نقطه مقایسه کرد. نتایج این تحقیق تائید کننده نتایج تحقیقات گذشته می‌باشد،این‌که هرچه مقیاس سیستم ناحیه‌بندی هم‌فزونتر باشد برازش مدل به دست آمده بهتر خواهد بود (Nix 2009).

کیم و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی تعامل بین سطح هم‌فزونی ناحیه‌بندی و شبکه پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که بین سطح هم‌فزونی ناحیه‌بندی و شبکه مورد استفاده در آن ارتباطی مستقیم وجود دارد به این ترتیب که بایستی بین شبکه و سیستم ناحیه‌بندی از نظر جزئیات یک نوع هم‌خوانی وجود داشته باشد (Kim et al 2010).

در این مقاله به بررسی تاثیر تعداد نواحی ترافیکی (تاثیر مقیاس) بر نتایج تخصیص ترافیک در مطالعه موردی شهر مشهد پرداخته شده است. در این تحقیق نتایج تخصیص ترافیک به دست آمده از نرم‌افزار VISUM با حجم مشاهده شده در ۸۷ کمان انتخابی در سطوح مختلف ناحیه‌بندی مقایسه شده است. ساختار مقاله به این شکل است که در بخش بعد، متدولوژی و روش پیشنهادی هم‌فزون‌سازی و تخصیص ترافیک، در بخش سوم ویژگی‌های مطالعه موردی شهر مشهد و اطلاعات آن، در بخش چهارم مدل‌سازی و ارائه نتایج و در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای پژوهش‌های بعدی آورده شده است.

۲. روش شناسی پژوهش

ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه به منظور هم‌فزونی اطلاعات سفرهای خانوارها برای استفاده در مدل‌های حمل و نقل و دست‌یابی به تعداد سفرهای تولید و جذب شده در محدوده مورد مطالعه صورت می‌گیرد که به نسبت سایر مراحل مدل‌سازی حمل و نقل کمتر مورد مطالعه و پژوهش قرار گرفته است. هرچند بررسی ادبیات موجود اهمیت این موضوع و تاثیر آن بر مراحل مختلف مطالعات ترافیکی را نشان میدهد، خصوصا در سطح داخلی مطالعات اندکی در این رابطه انجام شده است. رویکرد این مقاله برررسی تاثیر اندازه نواحی ترافیکی بر مسئله تخصیص ترافیک با استفاده از اطلاعات آماری و ترافیکی سال ۱۳۸۵ سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر مشهد است.

۲-۱- هم‌فزون‌سازی

اولین گام در هم‌فزونی ناحیه‌های ترافیکی تعیین شکل نواحی ترافیکی جدید است.

جهت انجام هم‌فزونی نواحی ترافیکی قوانین زیر تا حد امکان رعایت شده‌اند:

۱. تراکم بافت شهری در نواحی تا حد امکان حفظ شود و نواحی تشکیل دهنده یک ناحیه جدید تا حد امکان دارای بافت شهری مشابه باشند.

۲. جمعیت نواحی در هر سطح هم‌فزون‌سازی از یک حد مشخص بیشتر نباشد.

۳. در هم‌فزون سازی نباید هیچ مانع طبیعی یا ساختگی برای عبور و مرور در یک ناحیه وجود داشته باشد. بزرگراه‌ها و دیگر راه‌های سریع با دسترسی محدود از جمله این موانع هستند که باید همیشه سعی شود موانع عبور در مرزها قرار گیرند.

۴. شکل نواحی هم‌فزون شده تا حد امکان محدب باشد.

۵. هم‌وزنی نواحی ترافیکی جدید حفظ شود، به این معنی که میانگین تولید و جذب روزانه نواحی تقریبا در یک محدوده باشد.

وزن هر ناحیه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w_r = \frac{(O_i + D_i)}{2}$$

که در آن:

Wr = وزن ناحیه،

Oi= تعداد سفرهای روزانه تولید شده در ناحیه i،

Di = تعداد سفرهای روزانه جذب شده در ناحیه i.

1- Grid system
2- Census block
3- Block group
4- Traffic analysis zone (TAZ)

۶. مرز نواحی اولیه حفظ شود، به این معنی که یک ناحیه اولیه بین چند ناحیه هم‌فزون شده جدید تقسیم نشود.

۷. وسعت نواحی ترافیکی باید به‌گونه‌ای در نظر گرفته شود که امکان یک مطالعه و بررسی مناسب و دقیق را فراهم سازد. وسعت ناحیه نباید آن‌قدر کوچک باشد که حفظ الگوی سفر آن ناحیه با نواحی مجاور امکان‌پذیر نباشد؛ از طرف دیگر نباید آن‌قدر بزرگ باشد که اطلاعات حاصل از آمارگیری، فاقد دقت کافی باشد.

با توجه به بندهای بالا ابتدا ناحیه‌بندی ۱۴۱ گانه هم‌فزون شده و در اولین مرحله تعداد ناحیه‌ها به ۷۱ ناحیه و پس از آن به ۴۰ و ۲۳ ناحیه کاهش یافته است. در هم‌فزونی نمونه موردی شهر مشهد ناحیه ۱ که شامل حرم مطهر می‌باشد در تمام مراحل بدون تغییر باقی گذاشته شده، زیرا از نظر ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی و تولید و جذب سفر با تمام ناحیه‌های دیگر متفاوت است.

برای مقایسه بین دو سطح ناحیه‌بندی، ماتریس مبدا- مقصد و شبکه کمان‌های واحد برای هر دو سیستم ناحیه‌بندی در نظر گرفته شد، سپس حجم کمان‌های شبکه در حالت تخصیص استاتیکی تعادلی کاربر محاسبه گردید. ملاک ارزیابی بین دو سیستم ناحیه‌بندی نزدیکی نتایج محاسبه شده به آمارهای مشاهده شده با استفاده از پارامترهای آماری می‌باشد.

۲-۲- تخصیص ترافیک

آخرین مرحله در فرآیند پیش‌بینی سفرها مربوط به انتخاب مسیر بین یک مبدأ و یک مقصد توسط سفرکننده و به وسیله‌ی طریق سفر مورد نظر می‌باشد. در این مرحله ابتدا مسیرهای شبکه مشخص شده، سپس تقاضای سفر بین هر زوج مبدأ و مقصد مورد استفاده قرار می‌گیرد و در نهایت بارگذاری سفرها بر روی مسیرهای شبکه انجام می‌گیرد (Patrikson 1994). با توجه به شرایط و اهداف موجود، مدل‌ساز از یکی از دسته مدل‌های تخصیص صفحه بعد استفاده می‌نماید.

جدول ۱. طبقه‌بندی مدل‌های تخصیص ترافیک

(Ortúzar and Willumen, 2011)

		شامل اثرات تصادفی	
		خیر	بله
شامل محدودیت ظرفیت	خیر	همه یا هیچ	تصادفی محض
	بله	تعادل استفاده کننده UE	تعادل استفاده کننده تصادفی SUE

در این تحقیق از تخصیص تعادل استفاده کننده استفاده شده است. اگر تأثیرات احتمالی بودن در نظر گرفته نشود و بر روی محدودیت ظرفیت به عنوان عامل توزیع سفرها در شبکه تمرکز شود، از مدل‌های محدودیت ظرفیتی که جریان هر کمان را به هزینه‌ی سفر آن ارتباط می‌دهند، استفاده خواهد شد. عموما این مدل‌ها تلاش می‌نمایند تا شرایط تعادل را که توسط واردروپ[1] (۱۹۵۲) مطرح شد، برقرار سازند. اصل اول واردروپ بیان می‌کند که تحت شرایط تعادل، ترافیک به نحوی در شبکه‌های متراکم منتشر می‌گردد که هیچ فردی به تنهایی نمی‌تواند با تغییر مسیر هزینه‌ی سفر خود را کاهش دهد. اصل دوم واردروپ به این موضوع اشاره می‌کند که تحت شرایط تعادل اجتماعی، ترافیک در شبکه‌های متراکم بایستی به نحوی انتشار یابد که متوسط (یا کل) هزینه‌ی سفر کمینه گردد.

1-Wardrop

۳- ویژگی‌هایی نمونه ی موردی شهر مشهد

شهر مشهد با توجه به مساحت نواحی ترافیکی بالغ بر ۲۷۵ کیلومتر مربع و جمعیتی در حدود ۲/۵ میلیون نفر (پنجمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد ۱۳۸۸) و دارای شبکه‌ای بزرگ و متراکم به عنوان مطالعه موردی جهت پیاده‌سازی مفاهیم پیشنهادی انتخاب شده است. با توجه به ابعاد شهر مشهد، چه از نظر ویژگی‌های عرضه و چه از نظر ویژگی‌های تقاضا، این شهر نمونه‌ی واقعی، بزرگ و مناسبی را، با توجه به در دسترس بودن اطلاعات ناحیه‌بندی به‌هنگام‌سازی مطالعات جامع حمل و نقل شهر مشهد، برای سناریوهای مختلف ناحیه‌بندی فراهم می‌کند.

۳-۱. ناحیه‌بندی

نواحی ترافیکی ۱۴۱گانهی شهر مشهد، در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. مشاهده می‌شود که نواحی مرکزی شهر دارای مساحت کم و نواحی حومه شهر مساحت بیشتری دارند. جمعیت هر ناحیه با استفاده از بلوک‌های آماری به دست می‌آید. هر چه تعداد نواحی بیشتر باشد و وسعت و وزن نواحی به هم نزدیک‌تر باشد دقت مدل‌سازی بیشتر می‌شود. در ناحیه‌بندی ۱۴۱ گانه شهر مشهد، کوچک‌ترین ناحیه دارای ۰,۷ کیلومتر مربع مساحت و بزرگترین ناحیه ۲۱ کیلومتر مربع مساحت دارد (مطالعات به‌هنگام‌سازی طرح جامع حمل و نقل شهر مشهد ۱۳۸۹). این ناحیه‌بندی به عنوان پایه انتخاب شده و هم‌فزونی نواحی از آن آغاز می‌شود. در اولین مرحله با انجام هم‌فزونی تعداد نواحی به ۷۱ ناحیه و پس از آن به ترتیب به ۴۰ و ۲۳ ناحیه کاهش می‌یابد. شکل‌های ۲ تا ۴ به ترتیب ناحیه‌بندی ۷۱، ۴۱ و ۲۳ گانه را نشان می‌دهند.

شکل ۱. (سناریو ۱): ناحیه‌بندی ترافیکی ۱۴۱ تایی شهر مشهد (مطالعات به‌هنگام‌سازی طرح جامع حمل و نقل شهر مشهد ۱۳۸۹)

شکل ۲. (سناریو ۲): ناحیه‌بندی ترافیکی ۷۱ تایی شهر مشهد

شکل ۳. (سناریو۳): ناحیه‌بندی ترافیکی ۴۰ تایی شهر مشهد

شکل ۴.(سناریو۴): ناحیه‌بندی ترافیکی ۲۳ تایی شهر مشهد

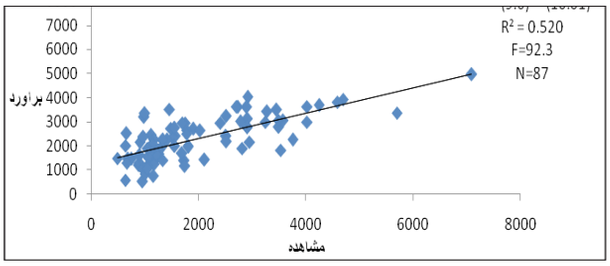
۳-۲- ماتریس تقاضا مبدأ- مقصد شهر مشهد

طبیعی است که نتایج تخصیص سفر علاوه بر ویژگی‌های شبکه، بستگی به ماتریس تقاضای سفر نیز دارد. ماتریس تقاضای سفر یک ساعت اوج صبح مشهد به تفکیک ۵ نوع وسیله نقلیه (وسیله نقلیه شخصی، تاکسی، دوچرخ، مینی‌بوس و اتوبوس) بر حسب هم‌سنگ سواری برای تمام اهداف سفر محاسبه و به شبکه تخصیص داده می‌شود. برای تمام وسیله‌های حمل و نقل ماتریس تقاضای موجود، تبدیل به نرخ هم‌سنگ سواری شده و در نهایت با هم جمع شده و ماتریس تقاضای مبدا-مقصد نهایی به‌دست آمده است. در هر مرحله هم‌فزونی سطرها و ستونهای مربوط به ماتریس تقاضای مبدا-مقصد نهایی آن مرحله با هم جمع شده و سطر و ستون مربوط به ناحیه تازه ایجاد شده را تشکیل می‌دهند (مطالعات به‌هنگام‌سازی طرح جامع حمل و نقل شهر مشهد ۱۳۸۹).

۴- نتایج

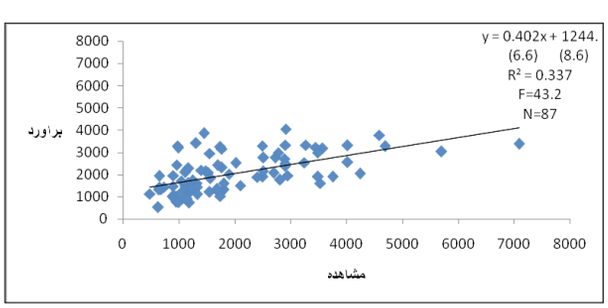
ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه به منظور هم‌فزون کردن اطلاعات سفرهای خانوارها برای استفاده در مدل‌های حمل و نقل و دست‌یابی به تعداد سفرهای تولید و جذب شده در محدوده مورد مطالعه صورت می‌گیرد. با افزایش تعداد نواحی ترافیکی، شبیه‌سازی رفتار سفرها واقعی‌تر می‌شود اما باعث دشوار شدن عملیات جمع‌آوری اطلاعات و مدل‌سازی، افزایش هزینه، زمان و نیروی انسانی مورد نیاز می‌گردد. سطوح متفاوت ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه، با توجه به تغییر در تعداد سفرهای مورد استفاده در فرآیند مدل‌سازی می‌تواند منجر به نتایج متفاوت شود. به عنوان مثال، با افزایش اندازه نواحی، تعداد سفرهای درون‌ناحیه‌ای بیشتر شده و باعث کاهش تعداد سفرهایی می‌شود که از مرز نواحی عبور می‌کنند (سفرهایی که در محاسبات منظور خواهند شد). در این مقاله با انجام فرایند تخصیص به بررسی تاثیر مقیاس ناحیه‌ها بر نتایج تخصیص ترافیک چهار سطح مختلف ناحیه‌بندی پرداخته شده است (سطوح ۱۴۱ ناحیه، ۷۱ ناحیه و ۴۰ ناحیه و ۲۳ ناحیه). برای بررسی تأثیرگذاری تعداد نواحی ترافیکی برای یک شبکه واقعی، ماتریس تقاضای مبدأ- مقصد شهر مشهد به شبکه تخصیص داده و نتایج حاصل از تخصیص با مقادیر مشاهده قیاس شده است. جهت انجام فرآیند تخصیص ترافیک به روش تعادلی، از بسته‌ی نرم‌افزاری برنامه‌ریزی حمل و نقل VISUM استفاده شده که ابتدا مراحل آماده‌سازی و ورود داده‌های عرضه و تقاضا صورت گرفته، پس از اطمینان از درستی اطلاعات، مطابق متدولوژی، میزان حجم در تمامی ۳۹۱۶ کمان‌های شبکه برآورد و محاسبه می‌گردد. از حجم مشاهده شده (حجم شمارش شده) برای ۸۷ کمان (از ۳۹۱۶) کمان، به صورت برداشت آماری در سال ۱۳۸۷ به عنوان ملاک مشاهده استفاده شده است. نتایج خروجی نرم‌افزار (برآورد) برای کمان‌هایی که مشاهده برای آن‌ها موجود است استخراج و در یک دستگاه مختصات دکارتی رسم شده‌اند. برای ارزیابی و بررسی میزان خوبی بازسازی مشاهدات برای این کمان‌ها از تحلیل رگرسیون خطی استفاده شده است. با محاسبه

پارامترهای آماری R2 و t و F برای هر سیستم ناحیه‌بندی می‌توان معنی‌داری و صحت اطلاعات به‌دست آمده را تحلیل و بررسی نمود. درادامه نتایج حاصل از تخصیص ترافیک تعادلی برای ناحیه‌بندی های مختلف در مقایسه با آمار مشاهده شده ۸۷ کمان ارائه شده است. در شکل ۵ پراکنش برآورد- مشاهده حجم در کمان‌ها به روش تخصیص تعادلی برای ناحیه‌بندی ۱۴۱تایی ارائه شده است. در این نمودار، محور افقی میزان مشاهده حجم در کمان‌ها و محور قائم مقادیر برآورد حجم درکمان‌ها (خروجی فرآیند تخصیص) را نشان می‌دهد. مقدار عرض از مبدأ برای خط برازش شده برابر ۱۲۷۳ (وسیله در ساعت) و از نظر آماری معنی‌دار است که با توجه به مقدار بیشینه مشاهده (۷۰۹۱ وسیله در ساعت) حدود ۱۷ درصد مقدار مشاهده کل است. مقدار شیب خط ۰٫۵۱۹ و از نظر آماری معنی‌دار، مثبت و قابل قبول است. مقدار R^2 (قدرت توضیحدهندگی مدل) حدود ۰/۵۲ است. مقدار t مربوط به ضریب x، ۹٫۰۶ و از نظر آماری معنیدار است و برای عدد ثابت این مقدار برابر ۱۰٫۰۱ و معنی دار است. عدد F که برای کل رابطه داده شده ارائه شده است نیز در سطح مناسبی از معنی داری وجود دارد.



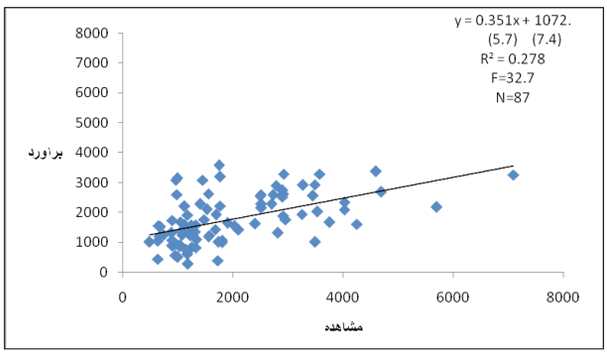
شکل ۵. پراکنش برآورد- مشاهده حجم در کمان‌ها به روش تخصیص تعادلی در ناحیه‌بندی ۱۴۱ تایی

در شکل ۶ (پراکنش برآورد- مشاهده برای ناحیه‌بندی ۷۱ تایی) مشاهده می‌شود که عرض از مبدأ خط برازش شده (۱۲۴۴) کاهش ناچیزی داشته است (از ۱۲۷۳ به ۱۲۴۴) و شیب نیز کاهشی حدود ۲۲٫۵۴ درصد (از ۰٫۵۱۹به۰٫۴۰۲) داشته است. مقدار R^2 از ۰٫۵۲ به ۰٫۳۳۷ (حدود ۳۵٫۲ درصد) کاهش یافته و آماره F نیز حدود ۵۴ درصد کاهش داشته است. این نتایج نشاندهنده آن است که با کاهش تعداد ناحیه‌ها از ۱۴۱ ناحیه به ۷۱ ناحیه، نتایج حاصل از تخصیص ترافیک تعادلی نتوانسته است که مشاهدات حجم را بهتر و دقیقتر بازسازی نماید.



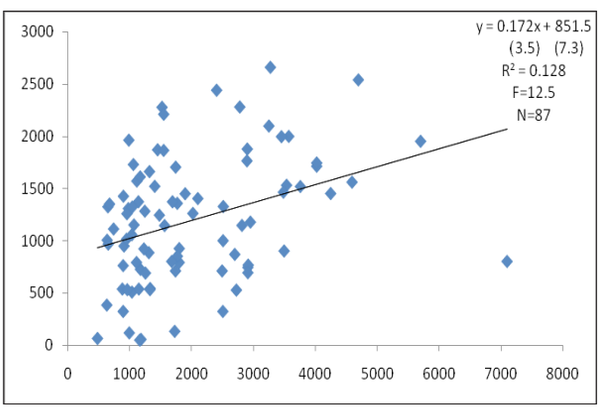
شکل ۶. پراکنش برآورد- مشاهده حجم در کمان‌ها به روش تخصیص تعادلی در ناحیه‌بندی ۷۱ تایی

در شکل ۷ نیز که نشانگر نتایج حاصل برای ناحیه‌بندی۴۰ تایی است، مشاهده می‌شود که روند تغییر موجود در نتایج حاصله ادامه دارد، به‌طوری‌که مقدار عرض از مبدأ خط برازش شده از ۱۲۴۴به ۱۰۷۲ کاهش یافته است (حدود ۱۴ درصد). کاهش شیب خط (به میزان ۱۲ درصد نسبت به نتایج حاصل ناحیه‌بندی ۷۱ تایی و حدود ۳۲ درصد نسبت به نتایج حاصل از ناحیه‌بندی ۱۴۱ تایی) و کاهش مقدار آماره F از ۴۳٫۲۵ به ۳۲٫۷۳ و مقدار ضریب خوبی برازش از ۰٫۳۳۷ به ۰٫۲۷۸ و نیز مقادیر t مربوط به عدد ثابت و ضریب متغیر به وضوح کاهش دقت مدل را نشان می‌دهد.



شکل ۷- پراکنش برآورد- مشاهده حجم در کمان‌ها به روش تخصیص تعادلی در ناحیه‌بندی ۴۰تایی

در ادامه هم‌فزونی ناحیه‌ها به ۲۳ ناحیه نیز همین روند در شکل ۸ نیز مشاهده می‌شود. یعنی کاهش عرض از مبدا خط و کاهش شیب خط، مقادیر R۲، F و t. روند تغییرات این متغیرها نسیت به تعداد ناحیه‌ها در نمودارهای اشکال ۹ تا ۱۲ رسم شده است.



شکل ۸-پراکنش برآورد- مشاهده حجم در کمان‌ها به روش تخصیص تعادلی در ناحیه‌بندی ۲۳ تایی

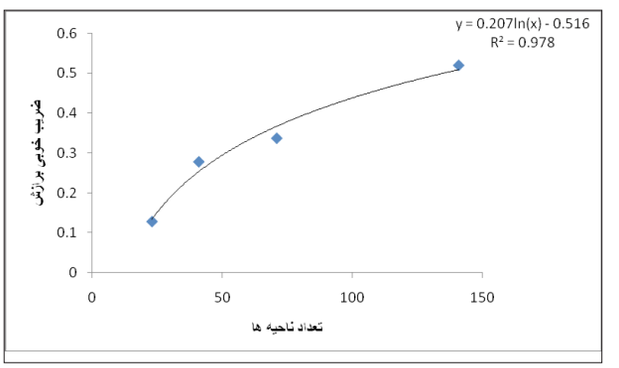
در جدول ۲ برخی از شاخص‌های آماری برای ارزیابی و مقایسه نتایج سناریوهای مختلف (تعداد نواحی مختلف) مانند میانگین، کمینه، بیشینه و انحراف معیار قدرمطلق خطا محاسبه و ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد برای سناریوی ۱۴۱ ناحیه، بیشینه، میانگین و انحراف معیار قدرمطلق خطا نسبت به سایر سناریوها کمترین مقدار را دارند، ولی کمینه قدرمطلق خطای

سناریوی ۴۰ ناحیه کمتر است. این نتایج تائید کننده این مطلب است که برای نمونه موردی شهر مشهد در برابر سایر سطوح ناحیه‌بندی سناریوی ۱۴۱ ناحیه بهترین وضعیت را دارد.

جدول ۲. آماری توصیفی قدرمطلق خطا برای نتایج سناریوهای مختلف تعداد نواحی

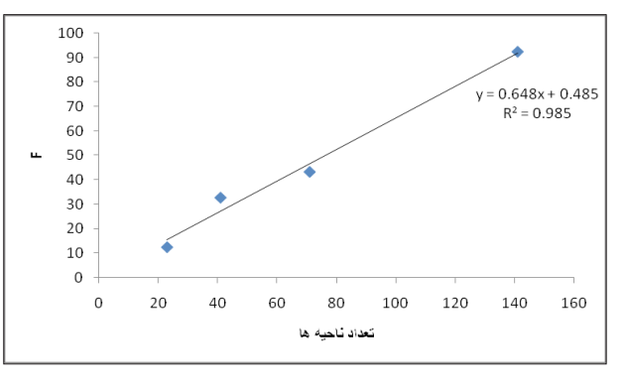
ردیف	شاخص آماری	تعداد نواحی			
		۱۴۱	۷۰	۴۱	۲۳
۱	کمینه	۱۶	۳۶	۳	۲۳
۲	بیشینه	۲۳۶۱	۳۷۱۶	۳۸۳۳	۶۲۸۸
۳	میانگین	۷۳۲	۷۴۵	۷۸۶	۱۰۱۹
۴	انحراف معیار	۵۵۵	۷۰۵	۷۶۴	۹۹۲

در شکل ۹ تغییرات ضریب خوبی برازش R^2 در برابر تعداد ناحیه‌ها رسم شده است. با بررسی نحوه تغییرات ضریب خوبی برازش در برابر تعداد نواحی مشاهده می‌شود که با افزایش تعداد ناحیه‌ها مقدار ضریب خوبی برازش نیز افزایش می‌یابد.

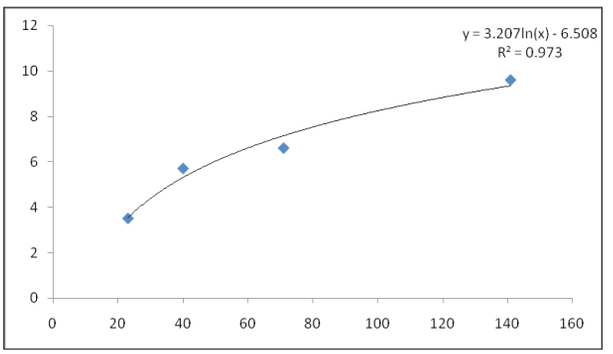


شکل ۹. تغییرات ضریب خوبی برازش در برابر تعداد ناحیه‌ها

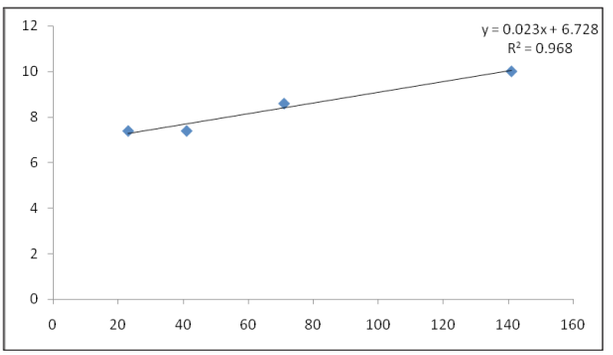
در شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نیز با افزایش تعداد ناحیه‌ها به ترتیب آماره F و نتایج تست T مربوط به ضریب متغیر و عدد ثابت روند افزایشی دارند که نشان دهنده این است که برای نمونه موردی شهر مشهد تعداد ۱۴۱ ناحیه از نظر نزدیکی نتایج محاسباتی به مشاهدات در بهترین وضعیت قرار دارد.



شکل ۱۰- تغییرات آماره F در برابر تعداد ناحیه‌ها



شکل ۱۱. تغییرات آماره t مربوط به ضریب متغیر x در برابر تعداد ناحیه‌ها



شکل ۱۲. تغییرات آماره t مربوط به عدد ثابت در برابر تعداد ناحیه‌ها

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه به منظور هم‌فزون کردن اطلاعات سفرهای خانوارها برای استفاده در مدل‌های حمل و نقل و دست‌یابی به تعداد سفرهای تولید و جذب شده در محدوده مورد مطالعه و در نهایت استفاده از ماتریس مبدا- مقصد برای تخصیص ترافیک صورت می‌گیرد. مطالعات نسبتا زیادی به بررسی عوامل تاثیرگذار در ناحیه‌بندی پرداخته‌اند و در برخی موارد نیز تاثیر ناحیه‌بندی در مساله تخصیص ترافیک بررسی شده است، ولی در داخل کشور در زمینه بررسی عوامل تاثیرگذار در هم‌فزون‌سازی ناحیه‌ها مطالعات بسیار کمی صورت گرفته است. در این مقاله برای بررسی تاثیر هم‌فزون‌سازی ناحیه‌ها برای مطالعه‌ی موردی دومین شهر بزرگ ایران، ماتریس تقاضای مبدا- مقصد سال ۱۳۸۷ در سطوح مختلف به شبکه تخصیص داده شد و نتایج تخصیص ترافیک ۸۷ کمان با مقادیر مشاهده شده مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد که در تقسیم شهر مشهد به ۱۴۱ ناحیه‌ی ترافیکی مقدار ضریب خوبی برازش حدود ۵۲ درصد به‌دست آمد. این در حالی است که در سناریو دوم (۷۱ ناحیه) مقدار ضریب خوبی برازش ۳۳ درصد، در سناریو سوم (۴۰ ناحیه) ۲۷ درصد و در سناریو چهارم (۲۳ ناحیه) ۱۲درصد به‌دست آمد. تحلیل نتایج برخی از شاخص‌های آماری ارزیابی نشان می‌دهد که میانگین قدرمطلق خطاها در سناریو اول ۷۳۲، در سناریو دوم ۷۴۵، سناریو سوم ۷۸۵ و در سناریو چهارم ۱۰۱۹ است. مقدار کمینه قدرمطلق خطاها در سناریو اول ۱۶، در سناریو دوم ۳۶،

در سناریو سوم ۳ و در سناریو چهارم ۲۳ و پراکندگی خطاها نیز در سناریو اول ۵۵۵، سناریو دوم ۷۰۴، در سناریو سوم ۷۶۴ و سناریو چهارم ۹۹۲ و بیشینه قدرمطلق خطاها نیز در سناریو اول ۲۳۶۱، در سناریو دوم ۳۷۱۶، سناریو سوم ۳۸۳۳ سناریو چهارم ۶۲۸۸ است. با مقایسه نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت در مطالعه موردی، با کاهش تعداد نواحی ترافیکی دقت نتایج خود کاهش یافته و سناریو ۱۴۱ ناحیه برای شهر مشهد مطلوب‌ترین سناریو (بین سناریوهای بررسی شده) است. در ادامه برای انجام مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود که مشابه این مطالعه برای سایر شهرها نیز انجام بگیرد. در این تحقیق برای تمام سطوح ناحیه‌بندی یک شبکه عرضه ثابت در نظر گرفته شد، با توجه به مرور ادبیات پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی سطح جزییات شبکه متناسب با سیستم ناحیه‌بندی تغییر کند. بررسی تاثیر هم‌فزون‌سازی نواحی ترافیکی بر نتایج تولید و جذب ناحیه نیز می‌تواند به عنوان پیشنهاد دیگری مطرح گردد.

۶- تشکر و قدردانی

در این‌قسمت از مسئولین و مدیران سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر مشهد که اطلاعات لازم، مانند اطلاعات شبکه معابر شهری و تقاضای مبدا- مقصد را در اختیار گذاشتند، سپاس‌گزاری می‌شود.

۷. منابع

1.Blalock, H. (1964). "Causal inferences in nonexperimental research". Chapel Hill: North Carolina.
2.Binetti, M. G., & Ciani, E. (2002). "Effects of traffic analysis zone design on transportation models". Proceeding of the 9th Mini-EURO conference: Handling uncertainty in the analysis of traffic and transportation system, Bari, Italy. 813-823.
3.Chang, K. T., Khatib, Z., & Ou, Y. (2005). "Effects of zoning structure and network detail on traffic demand modeling". Environment and planning B: Planning and design, 29(1), 38-52.
4.Kim, D. K., Jeon, J. H., Kho, S. Y., & Lee, J. S. (2010). "Interaction of aggregated zoning and network systems: A case study of Seoul city". Journal of the eastern Asia society for transportation studies, Vol. 8.
5.Nix, S. (2009). "Quantifying the impacts of the modifiable areal unit problem in travel demand models". MS Thesis, Ryerson University, Canada.
6.Ortuzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). "Modelling transport". John Wiley & Sons.
7.Spurr, T. (2005). "Construction of a detailed deterministic user-equilibrium traffic assignment model for the Greater Montreal area using geographic information system". MS Thesis, McGill University, Canada.
8.Patriksson, M. (1994). "The traffic assignment problem: Models and Methods". Utrecht, the Netherlands: VSP.

۹.کشانی، فرنوش. (۱۳۸۷). "تاثیر هم‌فزون‌سازی شبکه‌های حمل و نقل بر جریان تعادلی". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
۱۰."ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ترافیک" (۱۳۸۹). مطالعات به‌هنگام‌سازی طرح جامع حمل و نقل شهر مشهد، گزارش شماره ۰۴-۳۹- ۳۰۰، مهندسین مشاور طرح هفتم، تهران.
۱۱."ناحیه‌بندی مجدد محدوده‌ی مورد مطالعه" (۱۳۸۹). مطالعات به‌هنگام‌سازی طرح جامع حمل و نقل شهر مشهد، گزارش شماره ۰۴-۰۶- ۳۰۰، مهندسین مشاور طرح هفتم، تهران.
۱۲."پنجمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد" (۱۳۸۸). سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر مشهد، مشهد.