

ارائه‌ی مدل رگرسیونی چندگانه وزنی برای تورهای کاری سفرهای درون‌شهری در رویکرد فعالیت-مینا

علیرضا ماهپور^۱، سیداحسان سیدابریشمی^{۲*}، امیررضا ممدوحی^۳، امیرحسین باغستانی^۲

^۱مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

^۲دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۹ آذر ۱۳۹۴

بازنگری: ۱ اسفند ۱۳۹۴

پذیرش: ۱۲ مرداد ۱۳۹۵

ارائه آنلاین: ۱۴ شهریور ۱۳۹۵.

کلمات کلیدی:

مدل فعالیت-مینا

تور

رگرسیون چندگانه وزنی

قزوین

چکیده: در یک تقسیم‌بندی کلان، مدل‌سازی در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل به دو دسته‌ی سفر-مینا و فعالیت-مینا تقسیم می‌شود. در رویکرد فعالیت-مینا، برای باز تولید زنجیره‌ی سفر هر فرد، محل انجام فعالیت‌های روزانه فرد مدل و در نهایت زنجیره سفر هر فرد استخراج می‌گردد. از هم‌فزون‌سازی زنجیره سفر افراد در هر ناحیه برای ساعت مشخص، ماتریس مبدا-مقصد بدست می‌آید. در مقاله جاری، با استفاده از مشخصات اقتصادی-اجتماعی هم‌فزون نواحی و بررسی اثرگذاری مشخصات کاربری زمین، مدل خطی تور هر منطقه باز تولید و ارائه شده است. برای ساخت این مدل از اطلاعات مبدا-مقصد استفاده شده در فرآیند چهارمرحله‌ای استفاده شده است که نسبت به اطلاعات رویکرد فعالیت-مینا هزینه گردآوری کمتری لازم دارد. مدل‌سازی تور شهروندان به دلیل ناهمسانی واریانس خطاها با استفاده از روش حداقل مربعات وزنی صورت پذیرفت که در نتیجه رگرسیون خطی چندگانه وزنی با متغیرهای مستقل جمعیت و تعداد شاغلین بر حسب وزن تعداد شاغلین بدست آمد. ناهمسانی واریانس کارایی مدل را تحت تاثیر قرار می‌دهد و دیگر ویژگی حداقل واریانس ضرایب تامین نمی‌شود. در مقایسه با نتایج رگرسیون چندگانه معمولی با متغیر مستقل تعداد شاغلین و جمعیت مقدار F برابر با ۶۸۹ (۲۷ درصد رشد) است. مقدار تست t متغیر مستقل جمعیت از ۲/۷۹ در حالت غیر وزنی به ۲/۷۲ کاهش پیدا کرده است که تغییر ناچیزی است ولی برای متغیر مستقل از ۲/۶۲ به ۳/۴۰ (حدود ۳۰ درصد) افزایش پیدا کرده است. علامت ضریب ثابت منفی است ولی مقدار آن بسیار کوچک بوده (در مقایسه با مقدار پیشینه مشاهده ۷۲۰۲ تور (۰/۰۶۹ درصد) و میانگین ۱۳۸۶ تور (۰/۳۶ درصد)) و مقدار R^2 (۰/۹۲۷) و قابل قبول است.

۱- مقدمه

حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از خدمات^۱ مهم قابل ارائه به جامعه، دارای تقاضای مشتق‌شده^۲ از سایر فعالیت‌های^۳ افراد است. به‌عبارت دیگر، حمل‌ونقل به خودی خود دارای تقاضا نبوده و تنها به‌صورت خدمتی به‌منظور انجام فعالیت‌های اصلی افراد می‌باشد. یکی از مراحل اساسی در فرآیند برنامه‌ریزی راهبردی، کلان و بلندمدت حمل‌ونقل پیش‌بینی تقاضای سفرهای آینده به بهره‌گیری از مدل‌سازی است. برای این منظور رویکردهای گوناگونی در مدل‌سازی تقاضای حمل‌ونقل وجود دارد که باید با توجه به ماهیت و سطح مطالعات یکی از آن‌ها را اتخاذ نمود. در یک تقسیم‌بندی کلان، مدل‌سازی در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل به دو دسته‌ی سفر-مینا و فعالیت-مینا تقسیم می‌شود [۱-۴].

مدل‌سازی سنتی تقاضای حمل‌ونقل بر اساس سفرهای مجزا، چنان‌که

در بسیاری از پژوهش‌ها مطرح شده، چالش‌های بسیاری را مطرح کرده است. افراد به منظور برآورد کردن نیازهای خود از محلی به محل دیگر جابه‌جا می‌شوند. به عبارت دیگر جابه‌جایی افراد در اثر نیاز به انجام فعالیت‌هایی است که با آن مواجه هستند. بیان مساله به این شکل، تعریف سنتی سفر را تغییر داده و زنجیره‌ی سفر (تور) مطرح می‌گردد. رویکرد نوین به مساله‌ی حمل‌ونقل، بررسی آن به واسطه‌ی بررسی فعالیت‌های انجام شده توسط مردم و زنجیره‌ی سفر است. رویکرد فعالیت-مینا تلاش می‌کند که توضیح دهد مردم چه فعالیت‌هایی را، در کجا و چه زمانی انجام می‌دهند و برای انجام آن‌ها چگونه برنامه‌ریزی می‌کنند. ورودی‌های حل این مساله، مشخصات شخصی و خانوادگی فرد، ویژگی‌های شبکه‌ی حمل‌ونقل و ویژگی‌های محل‌های مستعد برای انجام فعالیت است [۵-۹].

توجه به منطق تور و فعالیت-مینا بودن سفرها، اساسی‌ترین ایراد مفهومی را به رویکرد سفر-مینا (یعنی استفاده از سفر به عنوان واحد تحلیل) وارد می‌کند و آن‌را پررنگ‌تر نشان می‌دهد. مدل‌های توسعه‌یافته در رویکرد سفر-مینا، سفرها را در همان ابتدا به سفرهای خانه-مینا^۴ و غیر

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: seyedabrishami@modares.ac.ir

- 1 Service
- 2 Derived demand
- 3 Activity

4 Home- based

و تور، زنجیره‌ی تورها و سفرها بدست آورد و سه نتیجه اصلی بدست دهد [۲۷] خروجی اصلی مطالعه، ارائه‌ی مدل الگوی فعالیت برای هر فرد بود که در قالب نرم افزار GIS نیز قابل مشاهده بود.

۱. پیش‌بینی الگوی فعالیت برای هر فرد، قابلیت هم‌فزون شدن نتایج را برای تحلیل سیاست‌های حمل و نقلی امکان‌پذیر می‌نمود. به عبارت دیگر، نتایج می‌توانستند بر اساس هر طبقه‌بندی مشخصات اقتصادی-اجتماعی هم‌فزون شوند.
 ۲. الگوی فعالیت افراد در سطح منطقه‌ای نیز قابلیت هم‌فزونی را دارد که نتیجه‌ی آن ارائه‌ی ماتریس مبدأ-مقصد^۷ سفرها است. ماتریس سفر می‌تواند بر اساس وسیله، هدف، زمان روز و گروه‌های درآمدی ارائه شده و به شبکه تخصیص داده شود.
- بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که برای ساخت تور در رویکرد فعالیت-مبنا به مدل‌های رگرسیونی و بررسی برقرار فرض‌های رگرسیونی کمتر توجه شده است که به عنوان نوآوری پژوهش جاری است. در این راستا و به منظور توسعه استفاده از مدل‌های رگرسیونی، پژوهش جاری، به بررسی و ارائه مدل تعداد تور با پایه اول خانه مبنای کاری نواحی ترافیکی قزوین به صورت رگرسیون وزنی می‌پردازد.
- ساختار پژوهش جاری به این ترتیب است که در بخش بعد، روش‌شناسی پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد. بخش سوم ویژگی‌های مطالعه مورد را بیان می‌کند. در ادامه نتایج مدل‌سازی و آزمون‌های آماری بررسی و در نهایت مباحث جمع‌بندی می‌شوند.

۲- روش‌شناسی پژوهش

در ادبیات حمل و نقل معمولاً میزان تولید و جذب سفرهای را با استفاده از مدل رگرسیون خطی مورد بررسی قرار داده‌اند و کمتر به مدل‌سازی تورها با استفاده از رگرسیون پرداخته شده است. در این مقاله، تورهای سفر شهروندان قزوینی به صورت هم‌فزون برای نواحی ترافیکی تولید شده و با استفاده از مدل رگرسیون خطی توصیف می‌شود. مدل‌های رگرسیونی و از جمله رگرسیون خطی معروف‌ترین و پرکاربردترین مدل‌های پیش‌بینی نرخ تولید سفر هستند. یکی از مزایای ویژه‌ی این مدل‌ها ایجاد ارتباط منطقی و ریاضی بین سفرهای ایجاد شده توسط هر ناحیه و میانگین ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی افراد هر ناحیه و کاربری زمین در هر ناحیه است. این امر باعث حساس شدن مدل به این متغیرها و در نظر گرفتن تغییرات محتمل در آینده در مدل می‌شود. با بررسی فرض‌های اساسی رگرسیون مدل رگرسیونی خطی وزنی ساخته و پرداخته شد [۲۸]. برآورد خط رگرسیونی مورد نظر با استفاده از روش پرداخت حداقل مربعات معمولی^۸ قابل انجام بوده که بر این اساس ضرایب مورد نظر به صورت زیر به دست می‌آیند.

خانه-مبنا^۱ تقسیم می‌کنند و این مساله اساسی‌ترین ایراد را به تحلیل‌های صورت گرفته وارد می‌کند و آن عدم در نظرگیری وابستگی چنین سفرهایی به هم‌دیگر است [۱۱-۱۳].

در این رویکرد، مدل‌های متعددی مطرح شده‌اند. این مدل‌ها را می‌توان در قالب چهار دسته‌ی کلی بیان نمود: ۱- مدل‌های انتخاب گسسته، ۲- مدل‌های مدت زمان خطر ۳- مدل‌های معادلات ساختاری و ۴- مدل‌های شبیه‌ساز قاعده محور. علاوه بر دسته‌بندی یاد شده، می‌توان یک تقسیم‌بندی دیگری برای بررسی ساختار مطالعات انجام شده ارائه کرد [برای نمونه به منابع ۱۴-۲۴ رجوع شود].

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که به طور کلی سه رویکرد کلی برای مدل‌سازی فعالیت-مبنا توسعه یافته است [۲۵]: دسته اول مدل‌های اقتصادسنجی، دسته دوم شبیه‌سازی یا مدل‌سازی فرایند محاسباتی و دسته سوم سایر مدل‌ها همانند مدل‌سازی فرایند زمان‌بندی دینامیک است. مدل‌های اقتصادسنجی رابطه بین شاخص‌های کلان فعالیت و احتمال تصمیم را نشان می‌دهد. این مدل‌ها نحوه ارتباط الگوهای سفر-فعالیت را با کاربری زمین و مشخصات اقتصادی-اجتماعی مسافر بیان می‌کنند. مدل‌های ریاضی که در این دسته بیشترین فراوانی را داشته‌اند شامل مدل‌های انتخاب گسسته، مدت ریسک، مدل‌های متغیر وابسته محدود می‌شوند.

بن اکیوا و بومن تورهای انجام شده توسط افراد را مورد بررسی قرار داده و بر اساس الگوی فعالیت-سفر روزانه^۲ افراد، مدلی ارائه نمودند. در این مطالعه فرض شد که هر تور، بر اثر یک فعالیت اولیه صورت پذیرفته و یک مقصد اولیه‌ای دارد به عبارت دیگر هر فعالیت اولیه یک محرک^۳ برای انجام تور است. در این مطالعه، هر تور به تورهای اولیه^۴ و ثانویه^۵ دیگری تقسیم می‌شود. به این ترتیب هر الگوی فعالیت-سفر روزانه، توسط فعالیت‌های اولیه، تورهای اولیه، تعداد و اهداف تورهای ثانویه مشخص می‌شود. در این مطالعه، مدل‌تور که بر اساس مدل انتخاب الگوی روزانه است، شامل انتخاب زمان روز^۶، مقصد و وسیله است. با اینکه این مدل به صورت مدل انتخاب آشیانه‌ای بیان شد و توانایی خوبی نیز داشت ولی تا حدودی با محدودیت زمانی-مکانی مواجه بود [۲۶].

بومن در ۱۹۹۸ در رساله‌ی دکتری خود مدل فعالیت-مبنای پرتلند را ارائه نمود. در این رساله بومن توانست رابطه‌ای برای الگوی فعالیت‌های خانه

- 1 Non home- based
- 2 Daily activity- travel pattern
- 3 Motivation
- 4 Primary tour
- 5 Secondary tour
- 6 Time of day

7 OD matrix

8 Ordinary Least Squares (OLS)

در این روابط:

\hat{a} : مقدار ضریب ثابت

\hat{b} : ضریب متغیر مستقل

\bar{XY} : گرانیگاه مشاهدات

K: مقدار آزمون ریشه

λ : مقدار آزمون کلدفلد- کوانت

RSS_i : مجموع مجذور باقی مانده‌ها رگرسیون i

d_{fi} : درجات آزادی صورت یا مخرج

d: مقدار آزمون دوربین- واتسون

N: تعداد کل مشاهده

ϵt : باقی مانده‌ها مشاهده t

ϵ_{t-1} : باقی مانده‌ها مشاهده t-1

F_{RR} : مقدار آزمون ریست رمزی

R_{Old}^2 و R_{New}^2 : ضرایب خوبی برازش

نقض هر یک از مفروضات اساسی رگرسیون باعث بروز مشکلاتی در برآورد یا استنتاجات آماری می‌شوند و ویژگی‌های رگرسیون تخمین زده شده را تحت تاثیر می‌گذارند. وجود هم‌خطی^۳، کارایی متغیرهای مدل را تحت تاثیر قرار نداده و باعث اریب بودن نمی‌شود ولی در صورت وجود هم‌خطی کامل ضرایب قابل محاسبه نیستند. ناهمسانی^۴ واریانس کارایی مدل را تحت تاثیر قرار می‌دهد و دیگر ویژگی حداقل واریانس ضرایب تامین نمی‌شود. نقض عدم وجود خودهمبستگی^۵ کارا بودن ضرایب تخمین زده شده را زیر سوال می‌برد. این مساله در خصوص خطای تصریح^۶، ناریب بودن ضرایب را از بین می‌برد. برای بررسی و تست فرض‌ها مجموعه‌ای از آزمون‌های رسمی^۷ و غیر رسمی^۸ وجود دارد. در پژوهش جاری از آزمون‌های رسمی استفاده شده است.

۳- مطالعه موردی و داده‌های مدل سازی

قزوین یکی از شهرهای ایران و مرکز استان و شهرستان قزوین است. این شهر در بلندای ۱۲۷۸ متری از سطح دریا واقع شده است. این شهر از لحاظ جمعیت بیست و یکمین شهر پرجمعیت ایران به شمار می‌آید و در سال ۱۳۹۰ خورشیدی بالغ بر ۳۸۱/۵۹۸ نفر بوده است. طرح جامع حمل و نقل و ترافیک شهر قزوین در سال ۱۳۸۹ انجام پذیرفت و بر اساس آن برداشت آماری مبدا-مقصد از ساکنین انجام پذیرفت. در این برداشت اطلاعات، از ۹۹۳۸ خانوار پرسشگری به عمل آمد و ۳۵۴۲۰ سفر ثبت گردید. این اطلاعات در بانک داده-ها ثبت شدند. در این آماربرداری مبدا-مقصد شهر قزوین برای سفرهای انجام شده، ۱۰ هدف تعریف شده است. این اهداف

- 3 Multicollinearity
- 4 Heteroscedasticity
- 5 Autocorellation
- 6 Specification Error
- 7 Formal
- 8 Informal

$$\hat{a} = \bar{Y} \quad (۱)$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_i x_i y_i}{\sum_i x_i^2} \quad (۲)$$

$$x_i = X_i - \bar{X} \quad (۳)$$

به منظور تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای توصیفی مدل آماره‌ی t استفاده می‌شود. در این آزمون مشخص می‌شود ضریب برآورد شده برای هر یک از متغیرها، با سطح اطمینان مشخص (مثلا ۹۵ درصد)، درست برآورد شده و یا برابر صفر می‌شود رابطه ۴ [۲۹].

$$T = \frac{\bar{X}_n - \mu}{S_n / \sqrt{n}} \quad (۴)$$

آزمون F یا آزمون آنالیز واریانس تعمیم یافته آزمون t است و برای ارزیابی یکسان بودن یا یکسان نبودن دو جامعه و یا چند جامعه به کار برده می‌شود. در این آزمون واریانس کل جامعه به عوامل اولیه آن تجزیه می‌شود [۲۹].

فرض پژوهش جاری برقراری فرض‌های رگرسیونی شامل: ۱- میانگین شرطی صفر برای جز اخلال، متغیرهای توضیحی غیرتصادفی و توزیع نرمال جز اخلال است. برای بررسی هم‌خطی مرکب از آزمون ریشه و شاخص وضعیت استفاده می‌شود رابطه ۵ ناهمسانی واریانس توسط آزمون کلدفلد- کوانت مورد بررسی قرار می‌گیرد رابطه ۶ آزمون دوربین- واتسون برای بررسی خودهمبستگی رابطه ۷ و آزمون ریست^۱ رمزی^۲ برای بررسی خطای تصریح استفاده می‌شوند رابطه ۸ [۲۹].

$$K = \frac{Eigen.value_{max}}{Eigen.value_{min}} \quad (۵)$$

$$K = \frac{RSS_2 / df_2}{RSS_1 / df_1} \quad (۶)$$

$$d = \frac{\sum_{t=2}^N (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^N e_t^2} \quad (۷)$$

$$F_{RR} = \frac{(R_{New}^2 - R_{Old}^2)^2 / (Number.of.explanatory.variable)}{(1 - R_{New}^2) / (N - Number.of.parameters.in.new.model)} \quad (۸)$$

- 1 Reset
- 2 Remzi

نواحی ۱۱۳ گانه تجمیع و هم‌فزون شد. این اطلاعات شامل جمعیت، بعد خانوار، تعداد شاغلین، نرخ مالکیت خودرو و در نهایت اطلاعات کاربری زمین است. اطلاعات کاربری زمین عمدتاً مساحت کاربری‌های مختلف را به تفکیک نواحی ارائه می‌کند. این کاربری‌ها شامل مساحت کاربری‌های اداری، تجاری، آموزشی، درمانی و سایر است. پس از ساخت تور و تعمیم و در نهایت هم‌فزون‌سازی آن‌ها، اطلاعات وارد بسته نرم‌افزاری SPSS شد. به منظور ساخت مدل تورهای سفر افراد در شهر قزوین پس از تجمیع اطلاعات، مدل‌سازی انجام می‌پذیرد. گام نخست در ارائه‌ی مدل جامع بررسی همبستگی متغیرهای توضیحی (X) با یکدیگر و متغیر وابسته (Y) است. جدول ۲ نماد و توضیحات برخی از متغیرهای اصلی را ارائه نموده است.

شامل سفرهای ۱- کاری، ۲- تحصیلی، ۳- خرید، ۴- مراجعه به ادارات، ۵- دیدار نزدیکان، ۶- تفریح، ۷- همراهی، ۸- بازگشت به منزل، ۹- موارد پزشکی و ۱۰- سایر هستند [۳۰]. خلاصه اطلاعات تور افراد در شهر قزوین که مشاهده شده است به شرح جدول ۱ است. تورهای دو سفره با فراوانی ۹۴/۱۷ درصد سهم بالا و قابل توجهی از فراوانی تورها را به خود اختصاص داده‌اند. فراوانی سفرهای دو و سه سفره بیش از ۹۹ درصد سفرها است و ۹۹/۷۹ درصد سفرها حداکثر ۵ سفره هستند. که در این پژوهش حداکثر سفرهای ۵ سفره در نظر گرفته شدند. پس از استخراج تورها، با توجه به اطلاعات ضریب تعمیم افراد، مقادیر تور نیز به همان نسبت تعمیم داده شدند. پس از تعمیم تورهای یک تا ۵ سفره (از بقیه تورها به دلیل ناچیز بودن صرف‌نظر شد) اطلاعات برای

جدول ۱: نتایج تحلیل فراوانی نمونه تعمیم یافته تور افراد در شهر قزوین

Table 1. Descriptive analysis of travelers' tour in Qazvin

ردیف	توضیح	نوع تور (چند سفره)						
		دو	سه	چهار	پنج	شش	هفت	هشت
۱	فراوانی	۱۵۹۲۴	۷۶۰	۱۵۶	۲۷	۱۸	۱۱	۰
۲	سهم (درصد)	۹۴/۱۷	۴/۴۹	۰/۹۲	۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۰۶۵	۰
۳	تجمعی	۹۴/۱۷	۹۹/۶۶	۹۹/۵۸	۹۹/۷۹	۹۹/۸۹	۹۹/۹۵۵	۹۹/۹۵۵

جدول ۲: متغیرهای مستقل و وابسته در مدل‌سازی تور

Table 2. Dependent and independent variables of tour generation modeling

ردیف	نماد متغیر	نوع متغیر	تعریف متغیر برای ناحیه i
۱	TotalTour	وابسته	تعداد تور
۲	Area	مستقل	مساحت واحد
۳	Population	مستقل	جمعیت
۴	PopDensity	مستقل	تراکم جمعیت
۵	HHs	مستقل	متوسط بعد خانوار
۶	NoHH	مستقل	تعداد خانوار
۷	Sponsorship	مستقل	نرخ تکفل
۸	Employer	مستقل	تعداد شاغل
۹	EmpLandUse	مستقل	مساحت کاربری اداری
۱۰	ComLaneUse	مستقل	مساحت کاربری تجاری
۱۱	ResLandUse	مستقل	مساحت کاربری مسکونی
۱۲	EmpLURate	مستقل	سرانه کاربری اداری
۱۳	ComLURate	مستقل	سرانه کاربری تجاری

۴- مدل سازی و تحلیل نتایج

به منظور مدل سازی همبستگی بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته بررسی شد. متغیرهای جمعیت و تعداد شاغلین دارای بیشترین همبستگی مثبت بودند که با ساخت مدل های متعدد با اهمیت شدند دلیل این امر این بود که سایر متغیرها از نظر آماری معنی دار نشدند. مدل سازی برای تورهایی مسافران درون شهری قزوینی با پایه اول کاری انجام گرفت. جدول ۳ همبستگی برخی از متغیرهای مستقل و مهم را با یکدیگر و متغیر وابسته ارائه می دهد. بررسی اطلاعات ارائه شده نشان می دهد که همبستگی تعداد تورها و جمعیت بسیار زیاد و در حد ۰/۹۵ است. این موضوع حاکی از آن است که متغیر جمعیت و همچنین تعداد شاغلین، متغیر توضیحی خوبی هستند ولی حضور همزمان آن دو با هم ممکن است مشکل هم خطی ایجاد کند. سرانه مالکیت خودرو و مساحت کاربری اداری بر خلاف انتظار دارای همبستگی منفی و همچنین کمی هستند. به عبارتی، استفاده از این دو متغیر در مدل باید با دقت همراه باشد. ولی مساحت کاربری تجاری با اینکه همبستگی بسیار کمی با تعداد تور دارد ولی علامت آن مثبت است.

به منظور ارائه مدل هم فزون تور، متغیرهای مستقل جمعیت و تعداد شاغلین به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت شکل ۱. با ساخت مدل خطی تور با متغیرهای هم زمان توضیحی جمعیت و تعداد شاغلین مقدار ضریب خوبی برازش (R^2) برابر ۰/۹۰۸ و مقدار ضریب خوبی برازش تعدیل شده (\bar{R}^2) نیز ۰/۹۰۶ است که توانایی خوب مدل در بازسازی مشاهدات را نشان می دهد. متغیر لحاظ شده از نظر آماری نیز در سطح معنی داری ۰/۰۱ ($\alpha=0/01$) معنادار است. مقدار آزمون t نیز برای متغیر جمعیت برابر با ۲/۷۹ است که از مقدار بحرانی ۲/۶۲ بیشتر است. همچنین مقدار آزمون t نیز برای متغیر جمعیت برابر با ۲/۹۴ است که از مقدار بحرانی ۲/۶۲ بیشتر است. معنی داری کل مدل هم که با تست F سنجش می شود حاکی از معنی دار بودن مدل است، چراکه مقدار بحرانی آن ۳/۹۴ است و مقدار بدست آمده در مدل ۵۴۲/۳۳ که معنادار بودن رابطه را تایید می کند. ولی ضریب ثابت مدل از نظر آماری معنی دار نیست چراکه مقدار آزمون t برای این متغیر برابر ۰/۶۸۱- است که معنی دار نیست. ولی چون مدل مجبور به عبور از مبدا مختصات نشده و ضریب ثابت در فرآیند مدل سازی خود به خود معنی دار نشده است (از لحاظ آماری صفر) لذا این مساله باعث قوت مدل بوده و خوب است.

جدول ۳: نتایج تحلیل همبستگی برخی از متغیرهای توضیحی (X) با تعداد تورها (متغیر وابسته) (Y)

Table 3. Correlation analysis of independent variables and number of tours

متغیر	تعداد تور کاری	جمعیت	تعداد شاغلین	مالکیت خودرو	مساحت کاربری زمین اداری	مساحت کاربری زمین تجاری
کل تور	۱	۰/۹۴۹**	۰/۹۴۹**	-۰/۱۴۱	-۰/۰۲۴	۰/۰۷۲
جمعیت	۰/۹۴۹**	۱	۰/۹۸۵**	-۰/۲۱۱*	-۰/۰۲۱	۰/۰۵۹
تعداد شاغلین	۰/۹۴۹**	۰/۹۸۵**	۱	-۰/۱۷۵	-۰/۰۲۶	۰/۰۵۴
مالکیت خودرو	-۰/۱۴۱	-۰/۲۱۱*	-۰/۱۷۵	۱	-۰/۱۰۷	-۰/۳۷۱**
مساحت کاربری زمین اداری	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۱	-۰/۰۲۶	-۰/۱۰۷	۱	۰/۰۸۴
مساحت کاربری زمین تجاری	۰/۰۷۲	۰/۰۵۹	۰/۰۵۴	-۰/۳۷۱**	۰/۰۸۴	۱

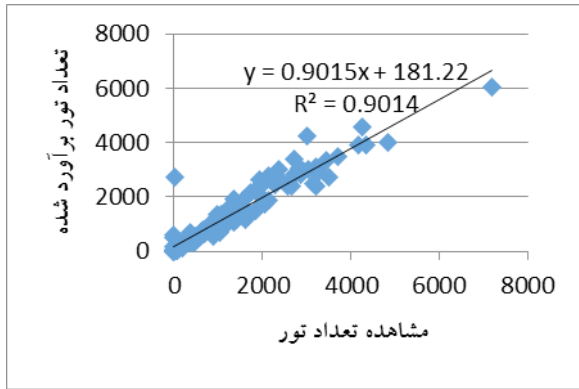
** از نظر آماری معنی دار در سطح ۰/۰۱

* معنی داری در سطح ۰/۰۵

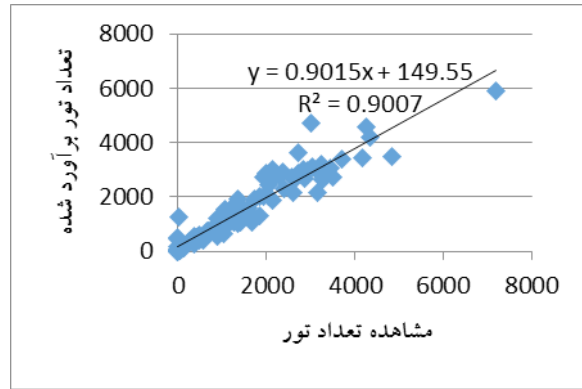
بررسی شده یعنی جمعیت و تعداد شاغلین دیده نمی شود. با بررسی نتایج آزمون ریشه مقدار K اگر بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باشد هم خطی قوی و اگر بالای ۱۰۰۰ باشد هم خطی جدی است. برای مدل سوم مقدار K برابر ۳۸۱ است که نشان می دهد که هم خطی قوی بین متغیرهای مستقل وجود دارد. در آزمون گلدفیلد- کوانت مقدار ضریب γ محاسبه شده با مقدار بحرانی F کنترل می شود. برای مدل های ساخته شده مقدار γ و F بحرانی مطابق با جدول ۴ است. همچنین با توجه به اینکه هم جمعیت و هم تعداد شاغلین ناهمسان هستند لذا مدل ترکیبی دو متغیر نیز دارای ناهمسانی واریانس است.

شکل ۲ نمودار برآورد-مشاهده تعداد تور در رگرسیون چندگانه با متغیرهای مستقل همزمان تعداد شاغلین و جمعیت را نشان می دهد. برای این حالت، مقدار عرض از مبدا برای خط برازش شده برابر ۱۶۷ (تور در روز) و از نظر آماری معنی دار است. که با توجه به مقدار بیشینه مشاهده ۷۲۰۲ تور (۰/۲۳ درصد) و میانگین ۱۳۸۶ تور (۱۲/۰ درصد) مقدار قابل قبولی است. مقدار شیب خط (۰/۹۰۸) از نظر آماری معنی دار (علیرغم مثبت بودن، مقدار نزدیک به عدد ۱ است. مقدار R^2 (۰/۹۰۷) قابل قبول است.

در رگرسیون دوگانه چون فقط یک متغیر مستقل (جمعیت یا شاغلین) استفاده می شود، لذا هم خطی مرکب مفهوم نداشته و مورد بررسی قرار نمی گیرد. هم خطی کامل در بین متغیرهای مستقل و به خصوص دو متغیر



نمودار برآورد- مشاهده تعداد تور در رگرسیون دوگانه با متغیر مستقل تعداد شاغلین



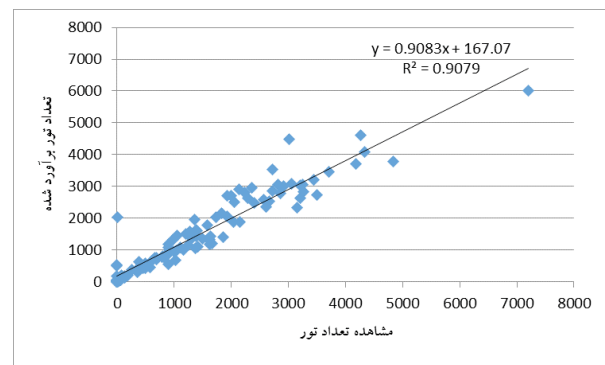
نمودار برآورد- مشاهده تعداد تور در رگرسیون دوگانه با متغیر مستقل جمعیت

شکل ۱: نمودار پراکنش برآورد- مشاهده تعداد تور در رگرسیون دوگانه با یک متغیر بدون وزن

Fig. 1. Observed-predicted plot of double regression (one variable/non-weighted)

آمده حاکی از آن است که رگرسیون جاری دارای خودهمبستگی نیست. جمعیت و تعداد شاغلین یکی از مولفه‌های اصلی در تولید و جذب سفر و در بحث کلان‌تر تور هستند و معمولاً برای این بحث از رگرسیون خطی استفاده می‌شود، لذا مشکل احتمالی شکل تبعی غلط مرتفع است. از طرفی نیز چون بر نحوه گردآوری داده‌ها اعتماد وجود دارد لذا از خطای احتمالی در اندازه‌گیری متغیرها صرف نظر می‌شود. آزمون ریست^۱ رمزی^۲ (FRR) نشان‌دهنده‌ی عدم وجود مساله خاصی است و لذا می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال بالا، خطای تصریح در مدل‌ها وجود ندارد.

از مفروضات اصلی رگرسیون در معادله چندگانه با متغیرهای اجتماعی و اقتصادی جمعیت و تعداد شاغلین که ناهمسانی واریانس است که آزمون آماری نشان از وجود همسانی واریانس متغیرهای مستقل است. نقض این فرض باعث می‌شود که رگرسیون خاصیت کارایی خود را از دست دهد. برای برطرف کردن این مساله و حل ناهمسانی از رگرسیون وزنی چندگانه استفاده می‌شود. برای این منظور طی دو سناریو، یکبار بر اساس وزن جمعیت و بار دیگر بر اساس وزن تعداد شاغلین مدل رگرسیونی ساخته شد. در مقایسه با نتایج رگرسیون چندگانه معمولی با متغیر مستقل تعداد شاغلین و جمعیت نشان می‌داد مقدار F از ۵۴۲ به مقدار ۶۰۲ افزایش پیدا کرده است (۱۱ درصد) و مقدار t برای متغیر جمعیت حدود ۸۵ درصد افزایش یافته و به ۵/۲۳ رسیده است ولی متغیر تعداد شاغلین از لحاظ آماری بی‌معنی شده و باز هم ضریب ثابت معنی‌داری ندارد. با ساخت مدل رگرسیون چندگانه وزنی بر اساس وزن تعداد شاغلین مشاهده می‌شود که مقدار F برابر با ۶۸۹ (۲۷ درصد رشد) است و سایر متغیرها نیز معنی‌دار هستند. بدین ترتیب که



شکل ۲: نمودار پراکنش برآورد- مشاهده تعداد تور در رگرسیون چندگانه با متغیر مستقل جمعیت و تعداد شاغلین

Fig. 2. Observed-predicted plot of multiple regression (population & employees as independent variables)

مقدار آزمون دوربین-واتسون برای رگرسیون دوگانه با متغیر مستقل جمعیت مقدار آن برابر با ۱/۳۶ است. از جدول‌های آماری کرانه پایین برای رگرسیون دوگانه با ۱۱۳ مشاهده ۱/۶۵ و کرانه بالا ۱/۷۶ بدست می‌آید. نتیجه بدست آمده حاکی از آن است که رگرسیون جاری دارای خودهمبستگی است. مقدار این آزمون برای مدل با متغیر مستقل تعداد شاغلین مقدار آن برابر با ۱/۸۵ است. از جدول‌های آماری کرانه پایین برای رگرسیون دوگانه با ۱۱۳ مشاهده ۱/۶۵ و کرانه بالا ۱/۷۶ بدست می‌آید. نتیجه بدست آمده حاکی از آن است که رگرسیون جاری دارای خودهمبستگی نیست. همچنین مقدار آزمون برای مدل ترکیبی با متغیر مستقل تعداد شاغلین و جمعیت مقدار آن برابر با ۱/۶۳ است. از جدول‌های آماری کرانه پایین برای رگرسیون چندگانه با ۱۱۳ مشاهده ۱/۶۲ و کرانه بالا ۱/۷۴ بدست می‌آید. نتیجه بدست

1 Reset

2 Remzi

در مقاله جاری، برای ساخت مدل هم‌فزون تور ۵ مدل رگرسیون خطی به دقت مورد بررسی قرار گرفت. از بین ۱۳ متغیر مستقل موجود فقط متغیرهای جمعیت و تعداد شاغلین مد نظر قرار گرفت. چرا که سایر متغیرها یا به لحاظ منطقی قابل استفاده نبوده یا از نظر آماری معنی‌دار نشده‌اند. در جدول ۵ خطاهای مدل‌های ساخته‌شده بررسی و مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که مدل رگرسیون دوگانه معمولی با متغیر مستقل جمعیت نسبت به سایر مدل‌ها کمترین خطا را دارد و میانگین خطاها هم در آن از همه کمتر است ولی تعداد متغیر مستقل کمی دارد و همچنین واریانس متغیر مستقل ناهمسان است. مدل آخر که رگرسیون چندگانه وزنی با متغیرهای مستقل جمعیت و تعداد شاغلین بر حسب وزن تعداد شاغلین ساخته شده شاخص‌های قابل قبولی در مقایسه با سایر مدل‌ها دارد و مشکل ناهمسانی واریانس‌ها نیز در آن برطرف شده است. جدول ۶ نیز به مقایسه مربعات خطاهای مدل‌های ساخته‌شده پرداخته و نتایج بدست آمده از جدول ۵ را تایید می‌کند. در نهایت می‌توان چنین نتیجه گرفت که مدل رگرسیون چندگانه وزنی با متغیرهای مستقل جمعیت و تعداد شاغلین بر حسب وزن تعداد شاغلین بهترین مدل در بین مدل‌های ساخته شده است و لذا برای پیش‌بینی تعداد تورهای شهر قزوین مناسب است.

ضریب ثابت در سطح معنی‌داری ۰/۰۴۸ معنادار است. علامت ضریب ثابت منفی است ولی مقدار آن بسیار کوچک بوده (در مقایسه با مقدار بیشینه مشاهده ۷۲۰۲ تور (۰/۰۶۹ درصد) و میانگین ۱۳۸۶ تور (۰/۳۶ درصد)) و مقدار قابل قبولی است. مقدار ضریب خوبی برازش (R^2) برابر با ۰/۹۲۷ است. با توجه به اینکه برای همین مدل در حالت معمولی آزمون‌های هم‌خطی، خودهمبستگی و تصریح انجام شده است، لذا نتایج همان آزمون‌ها هم در اینجا قابل قبول و قابل استناد است. برای بررسی تورهای تولیدی نواحی در گام سوم تعداد تورها به عنوان متغیر وابسته و تعداد جمعیت و شاغلین نواحی به عنوان متغیر مستقل مدل شدند. بررسی فرضیات اساسی رگرسیون حاکی از آن بود که مدل رگرس شده همخطی مرکب دارد ولی چون هدف پیش‌بینی آینده است، جای نگرانی نیست، همسانی واریانس مشکل اساسی بود که در این بخش با استفاده از رگرسیون وزنی برطرف شد. همچنین مدل جاری خودهمبستگی نداشته و خطای تصریح به نظر نمی‌رسد که وجود داشته باشد. لذا به دلیل برطرف کردن مشکل واریانس واریانس در رگرسیون جاری تست‌های F و t قابل اتکا هستند. در نهایت مدل رگرسیون وزنی نهایی برای این پژوهش به صورت رابطه ۹ است:

$$Number.of.tours = -5.024 + 0.178 Pop_i + 0.725 Emp_i \quad (9)$$

جدول ۴: مقدار آماری‌های λ و F بحرانی برای بررسی ناهمسانی در مدل‌ها

Table 4. Critical λ and F (heteroscedastic)

ردیف	مقدار λ	مقدار F بحرانی ($\alpha=0.05$)	نتیجه تحلیل
۱	۲۱/۸۰	۱/۶۹	جمعیت ناهمسان است
۲	۱۵/۴۹	۱۵/۶۹	تعداد شاغلین ناهمسان است

جدول ۵: نتایج تحلیل آماری توصیفی خطای خروجی مدل‌های مختلف

Table 5. Statistical Analysis of error terms

ردیف	آماری خطا	روش تخمین مدل				
		WLS	OLS			
		وزنی بر حسب وزن تعداد شاغلین	وزنی بر حسب وزن جمعیت	با متغیرهای مستقل جمعیت و تعداد شاغلین	با متغیر مستقل تعداد شاغلین	با متغیر مستقل جمعیت
۱	کمینه	-۱۹۹۵/۵۵	-۱۲۰۹/۰۰	-۲۰۱۹/۳۰	-۲۷۰۱/۹۹	-۱۶۸۱/۰۹
۲	بیشینه	۱۴۱۰/۵۶	۱۹۰۹/۰۰	۱۱۹۹/۵۹	۱۱۷۵/۵۰	۱۳۳۲/۶۲
۳	میانگین	۱۴/۰۲	۱۲۷/۵۵	-۴۰/۰۰	-۴۴/۷۱	۱۳/۰۳
۴	انحراف معیار	۴۰۳/۰۲	۴۳۴/۴۲	۴۰۰/۵۷	۴۱۴/۵۲	۴۱۶/۰۹

جدول ۶: نتایج تحلیل آماری توصیفی مربعات خطای خروجی مدل‌های مختلف

Table 6. Statistical Analysis of squared error terms

روش تخمین مدل با متغیر مستقل			OLS		آماری مربعات خطا	ردیف
WLS		جمعیت و تعداد شاغلین	تعداد شاغلین	جمعیت		
وزنی بر حسب وزن تعداد شاغلین	وزنی بر حسب وزن جمعیت					
۱/۸۱	۰	۰	۰	۰	کمینه	۱
۳/۹۸	۳/۶۴	۴/۰۷	۷/۳۰	۲/۸۲	بیشینه (X_{10}^6)	۲
۱/۶۱	۲/۰۳	۱/۶۰	۱/۷۲	۱/۷۱	میانگین (X_{10}^5)	۳
۴/۶۹	۵/۰۶	۴/۷۲	۷/۱۴	۴/۰۸	انحراف معیار (X_{10}^5)	۴

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از رویکردهای جدید در برنامه‌ریزی حمل و نقل رویکرد فعالیت-مبنا است. در رویکرد فعالیت-مبنا، برای باز تولید زنجیره‌ی سفر هر فرد، محل انجام فعالیت‌های روزانه فرد مدل و در نهایت زنجیره سفر هر فرد استخراج می‌گردد. از همفزون‌سازی زنجیره سفر افراد در هر ناحیه برای ساعت مشخص، ماتریس مبدا-مقصد بدست می‌آید. بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که برای ساخت تور در رویکرد فعالیت-مبنا به مدل‌های رگرسیونی کمتر توجه شده است که به عنوان نوآوری پژوهش جاری است در مقاله جاری، با استفاده از مشخصات اقتصادی-اجتماعی همفزون نواحی و بررسی اثرگذاری مشخصات کاربری زمین، مدل خطی تور هر منطقه باز تولید و ارائه شده است. برای ساخت این مدل از اطلاعات مبدا-مقصد استفاده شده در فرآیند چهارمرحله‌ای استفاده شده است که نسبت به اطلاعات رویکرد فعالیت-مبنا هزینه گردآوری کمتری لازم دارد. برای این هدف داده‌های در پژوهش جاری برای نمونه مورد شهر قزوین، از اطلاعات زنجیره سفر افراد برای نواحی ۱۱۳ گانه برای ساخت مدل تور با سفر اول کاری خانه-مبنا استفاده شد. شهر قزوین دارای آمار مبدا-مقصد جدیدی نسبت به سایر شهرهای کشور است و اطلاعات زنجیره سفر ساکنین به همراه سایر مشخصات سفر در دسترس بود. پس از تحلیل و پایش اطلاعات بیش از ۱۰۰ مدل ساخته شد که در نهایت مدل برتر ارائه و آزمون‌های آماری در مورد آن بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد که مدل رگرسیون دوگانه معمولی با متغیر مستقل جمعیت نسبت به سایر مدل‌ها کمترین خطا را دارد و میانگین خطاها هم در آن از همه کمتر است ولی واریانس متغیر مستقلش

ناهمسان است. همسانی واریانس یکی از فرض‌های اساسی رگرسیون کلاسیک خطی است و نقض آن کارایی مدل را تحت تاثیر قرار داده و لذا کنترل آن بسیار مهم است. در صورت نقض این فرض روش خطی معمول کفایت ننموده و باید برای برآزش از روش حداقل مربعات وزنی استفاده نمود. در این راستا، رگرسیون چندگانه وزنی با متغیرهای مستقل جمعیت و تعداد شاغلین بر حسب وزن تعداد شاغلین ساخته شده شاخص‌های قابل قبولی در مقایسه با سایر مدل‌ها دارد و مشکل ناهمسانی واریانس‌ها نیز در آن برطرف شده است. برای این منظور طی دو سناریو، یکبار بر اساس وزن جمعیت و بار دیگر بر اساس وزن تعداد شاغلین مدل رگرسیونی ساخته شد. برای رگرسیون چندگانه وزنی با متغیر مستقل تعداد شاغلین و جمعیت بر اساس وزن جمعیت در مقایسه با نتایج رگرسیون چندگانه معمولی با متغیر مستقل تعداد شاغلین و جمعیت مقدار F از ۵۴۲ به مقدار ۶۰۲ افزایش پیدا کرده است (۱۱ درصد) همچنین مقدار t برای متغیر جمعیت حدود ۸۵ درصد افزایش یافته و به ۵/۲۳ رسیده است ولی متغیر تعداد شاغلین از لحاظ آماری بی‌معنی شده و ضریب ثابت معنی‌داری آماری ندارد. رگرسیون چندگانه وزنی بر اساس وزن تعداد شاغلین نتایج بهتری دارد. مقدار F برابر با ۶۸۹ (۲۷ درصد رشد) است و هر دو متغیر نیز معنی‌دار هستند. بدین ترتیب که ضریب ثابت در سطح معنی‌داری ۰/۰۴۸ معنادار است. علامت ضریب ثابت منفی است ولی مقدار آن بسیار کوچک بوده (در مقایسه با مقدار بیشینه مشاهده ۷۲۰۲ تور (۰/۰۶۹ درصد) و میانگین ۱۳۸۶ تور (۰/۳۶ درصد)) و مقدار R^2 (۰/۹۲۷) و قابل قبول است.

- [15] C.H.U Zhaoming, H. Chen, L. Cheng, A review of activity based travel demand modeling, *ASCE*, 12(1) (2012) 48- 59.
- [16] A. Sivakumar and A. Pinjari, Recent advances in activity and travel pattern modelling, *Transportation*, 39 (2) (2012) 749- 754.
- [17] L. Yang, G. Zheng, X. Zhu, Cross- nested logit model for the joint choice of residential location, travel mode, and departure time, *Habitat International*, 38(3) (2013) 157-166.
- [18] H. Kim, C. Kim, D. Park, Y. Kim, A tour-based approach to destination choice modeling incorporating agglomeration and competition effects, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 8(1) (2011) 101-112.
- [19] A. Ettema, A. Borgers, H.J.P. Timmermans, A competing risk hazard model of activity choice, timing, sequencing, and duration, In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1493(1) (1995) 101-109.
- [20] C.R. Bhat, A hazard-based duration model of shopping activity with nonparametric baseline specification and nonparametric control for unobserved heterogeneity, *Transportation Research B*, 30(1) (1996) 189-207.
- [21] F. Golob, H. Meurs, A structural model of temporal change in multi-modal travel demand, *Transportation Research Part A*, 21(1) (1987) 391-400.
- [22] F. Golob, Review: Structural equation modeling for travel behavior research, *Transportation Research Part B*, 37(2) (2003) 1- 25.
- [23] R. Kitamura, E.I. Pas, V. Lula, K. Lawton and E. Benson, The sequenced activity mobility simulator (SAMS): An integrated approach to modeling transportation, land use and air quality, *Transportation*, 23(1) (1996) 267-291.
- [24] P.A. Salvini, E.J. Miller, ILUTE: An Operational prototype of a comprehensive microsimulation model of urban systems, *Networks and Spatial Economics*, 5(1) (2005) 217- 234.
- [25] C.Q. Ho, C. Mulley, Multiple purposes at single destination: A key to a better understanding of the relationship between tour complexity and mode choice, *Transportation Research Part A*, 49(1) (2013) 206- 219.
- [26] W. Navidi, *Principles of statistics for engineers and scientists*, First Edition, McGraw Hill, New York-USA, 2011.
- [1] T.A Arentze, D. Ettema, H.J.P. Timmermans, Estimating a model of dynamic activity generation based on one-day observations: Method and results, *Transportation Research Part B*, 45 (2) (2011) 447-460.
- [2] C.R. Bhat, F.S. Koppelman, A conceptual framework of individual activity program generation, *Transportation Research*, 27 (1) (1993) 433-446.
- [3] C.R. Bhat, Recent Methodological advances relevant to activity and travel behavior analysis, *IATBR Conference*, Texas-USA, 1997.
- [4] J.L. Bowman, M.A. Bradley, Activity-based models: approaches used to achieve integration among trips and tours throughout the day, *European Transport Conference*, Leeuwenhorst- Netherlands, 2008.
- [5] J.L. Bowman, Historical development of activity based models: theory and practice, *Traffic Engineering and Control*, 50 (3) (2009) 314–318.
- [6] D.F. Ettema, H.J.P. Timmermans, *Activity-based approaches to travel analysis: Chapter one: Theories and Models of Activity Patterns*, First Edition, Pergamon-Elsevier, 1997.
- [7] T. Hagerstrand, What about people in regional science? *The Regional Science Association*, 24(1) (1970) 7-21.
- [8] P.M. Jones, New approaches to understanding travel behaviour: the human activity approach, in Hensher and Stopher (eds.), *Behavioral Travel Modeling*, Croom Helm, London, United Kingdom, 1979.
- [9] M.D. Meyer, E.J. Miller, *Urban transportation planning*, Third edition, McGraw Hill, New York, USA, 2004.
- [10] E.I. Pas, F.S. Koppelman, An examination of the determinants of day-to-day variability in individuals' urban travel behavior, *Transportation*, 14 (4) (1987) 3-20.
- [11] E.I. Pas, The effect of selected sociodemographic characteristics on daily travel activity behavior. *Environment and Planning A*, 16(2) (1984) 571-581.
- [12] E.I. Pas, Weekly travel-activity behavior, *Transportation*, 15(2) (1988) 89-109.
- [13] W. Recker, G. McNally, S. Root, , A model of complex travel behavior: part II, An operational model, *Transportation Research Part A*, 20(1) (1986) 319-330.
- [14] Y. Shiftan, M. Ben-Akiva, K. Proussaloglou, G.D. Jong, Y. Popuri, K. Kasturirangan S. Bekhor, Activity-Based modeling as a tool for better understanding travel behavior, 10th International Conference on Travel Behavior Research, Lucerne-Switzerland, 2003.

Institute of Technology, USA, 1998.
[29] Qazvin transportation and traffic Comprehensive studies, Socioeconomic and Land use Report, Qazvin municipality, 2011, In Persian.

[27] J.L. Bowman, Activity based Travel Demand Model System with Daily Activity Schedules, M.Sc. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, USA, 1995.
[28] J.L. Bowman, The day activity schedule approach to travel demand analysis, Ph. D. thesis, Massachusetts

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

Please cite this article using:

A. R. Mahpour, S. E. Seyed Abrishami, A. R. Mamdoohi, A. H. Baghestani, Modeling the intra city tours with work purpose by using weighted multiple regressions, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 50(1) (2018) 139-148.

DOI: 10.22060/ceej.2016.699

