

مطالعه تطبیقی و شناسایی عوامل موثر در ایجاد سفرهای اجباری برون‌شهری

علمی - پژوهشی

امیررضا ممدوحی*، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

فاطمه خاوری، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

محمدحسین عباسی، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: armamdoohi@modares.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۵

صفحه ۱۲۸-۱۱۵

چکیده

مدل‌های ایجاد سفر اولین مرحله از مدل‌های چهار مرحله‌ای کلاسیک تقاضای سفر هستند که پیش‌بینی نادرست آن منجر به اتلاف منابع ملی و سطح سرویس نامطلوب زیرساخت‌ها می‌گردد. هدف از این پژوهش شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد سفرهای برون‌شهری با اهداف اجباری و مقایسه برآزش مدل‌های رگرسیون خطی، توبیت و پواسون با استفاده از داده‌های مبدأ-مقصد سفر جاده‌ای سال ۱۳۹۴ سه استان خراسان رضوی، فارس و تهران است. نتایج نشانگر عملکرد بهتر یا یکسان مدل‌های رگرسیون خطی و توبیت در تمامی اهداف سفر است. برای تولید سفرهای تحصیلی، متغیر تعداد خودرو تحت تملک (خانوارهای با بیش از دو وسیله نقلیه) و برای جذب سرانه مالکیت خودرو از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین متغیرهای سهم خانوارهای با بیش از ۲ وسیله نقلیه و تعداد دانشجویان در سرانه مالکیت خودرو بیشترین تأثیر را بر تولید و جذب سفرهای تحصیلی برون‌شهری دارند. در تولید سفرهای کاری، سهم افراد در رده سنی ۳۲-۴۷ سال و در جذب، تعداد شاغلان در سرانه مالکیت خودرو بیشترین تأثیر را بر ایجاد سفرهای کاری دارند. جمعیت ناحیه در تولید سفرهای کاری و تحصیلی با علامت مثبت معنا دار شده است، اما تأثیر آن در تولید سفرهای تحصیلی حدود دو برابر است. متغیر تعداد شاغلان در سرانه مالکیت خودرو تأثیر مثبتی در جذب و تولید سفرهای کاری دارد ولی تأثیر این متغیر در جذب حدود ۴ برابر تولید سفرهای کاری است. علاوه بر این، تأثیر چگالی کاربری مرتبط با هدف سفر در مدل‌های جذب متفاوت است، به طوری که تأثیر چگالی صنعتی در جذب سفرهای کاری تقریباً دو برابر تأثیر چگالی آموزشی در جذب سفرهای تحصیلی است که نشانگر تمایل بیشتر افراد در انجام سفرهای کاری برون‌شهری نسبت به سفرهای تحصیلی است که می‌توان از این موضوع برای سیاست‌گذاری کاربری زمین در آینده استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ایجاد سفر، رگرسیون خطی، پواسون، توبیت، سفر اجباری

۱-مقدمه

مشکلاتی همچون افزایش تراکم ترافیک، مصرف انرژی و آلودگی هوا به ویژه در شهرهای بزرگ را در پی داشته است (Button, Ngoe and Hine, 1993). بنابراین، برنامه‌ریزی و پیش‌بینی تقاضای سفر امری ضروری جهت سرمایه‌گذاری و سیاست‌گذاری در بخش حمل‌ونقل است (Mamdoohi et al., 2020). ایجاد سفر، اولین مرحله از روش چهار مرحله‌ای کلاسیک تقاضای سفر است که از مدل‌های ریاضی جهت

در سال‌های اخیر، کشورهای در حال توسعه شاهد شهرنشینی سریع، بهبود استانداردهای زندگی و رشد قابل توجه در فعالیت‌های اقتصادی بوده‌اند که موجب افزایش سطح درآمد خانوارها و در پی آن افزایش قابل توجه سطح مالکیت خودرو در بیشتر کشورها شده است (Bolt and Zanden, 2013). افزایش سطح مالکیت خودرو و فعالیت‌های اقتصادی، منجر به افزایش تعداد سفرها با خودرو شده است، که این موضوع

در بخش ادبیات پژوهش به بررسی مطالعات داخلی و خارجی در زمینه ایجاد سفر پرداخته شده است. در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش جاری از جمله مدل رگرسیون خطی، پواسون و توبیت تشریح گردیده است. در بخش داده‌های پژوهش، اطلاعات مبدا-مقصد سفر جاده‌ای و مشخصات اقتصادی-اجتماعی و کاربری اراضی محدوده مطالعاتی ارائه خواهد شد. در بخش بحث و نتایج مدل‌سازی به ارائه ضرایب پیشنهادی مدل‌های تولید و جذب سفرهای تحصیلی و کاری برون‌شهری پرداخته شده است. در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات جهت مطالعات آتی ارائه شده است.

۲- پیشینه پژوهش

در این بخش به بررسی مطالعات داخلی و خارجی در زمینه ایجاد سفر و عوامل موثر آن پرداخته می‌شود. حسین‌زاده و باغبانی (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر عوامل مختلف در ایجاد سفرهای پیاده به/از نواحی تحلیل ترافیکی شهر رشت برای چهار هدف مختلف سفر پرداختند. نتایج نشانگر آن بود که طرح و تراکم محیط مصنوع تاثیر زیادی در تولید سفرهای پیاده داشته و کاربری مختلط موثرترین متغیر در جذب سفرهای پیاده دارد. در مطالعه خاوری و ممدوحی (۱۳۹۶) به مقایسه مدل‌های رگرسیون خطی و توبیت جهت شناسایی عوامل موثر در تولید سفر بین‌شهری برای اهداف خرید و امور شخصی پرداختند. در این پژوهش برای سفرهای با هدف خرید و امور شخصی در سطح هم‌مزون از داده‌های اقتصادی-اجتماعی حاصل از پرسشگری جاده‌ای مبدا-مقصد سال ۱۳۹۴ و همچنین اطلاعات نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ استفاده شده است که در نهایت مدل توبیت به دلیل برازش بهتر به‌عنوان مدل برتر انتخاب گردید. در مطالعه احمدی‌پور و ممدوحی (۱۳۹۷) به تحلیل ساختاری و تطبیقی تولید سفرهای تحصیلی درون‌شهری دانش‌آموزان قزوین با استفاده از مدل‌های مختلفی همچون رگرسیون خطی، توبیت، پواسون و لوجیت رتبه‌ای پرداختند. نتایج نشانگر برتری هر یک از مدل‌ها با توجه به معیارهای مختلف برازش بود. مطالعه آریفین، جمال و اکتایوانی (۲۰۲۰) از جمله مطالعات خارجی است که به بررسی عوامل موثر در تولید سفرهای خانه‌مبنا در شهر ساریندا، اندونزی پرداخته است. نتایج مدل رگرسیون پیشنهادی آن‌ها نشانگر آن بود که عواملی همچون جمعیت ساکن ناحیه، جمعیت دانش‌آموزان ناحیه، جمعیت کارکنان ناحیه و مالکیت

برآورد این مرحله استفاده می‌شود. هرگونه خطا در این مرحله، به سایر مراحل منتقل می‌گردد. هدف از ساخت مدل‌های ایجاد سفر، پیش‌بینی تعداد سفرهای تولید و جذب شده به هر ناحیه ترافیکی است. خصوصیات جمعیتی، اقتصادی-اجتماعی و کاربری اراضی از عوامل مؤثر در ایجاد سفر هستند. درآمد، تعداد شاغلین و مالکیت وسیله نقلیه هر خانوار از دیگر متغیرهای مستقل مؤثر در مدل‌های تولید سفر هستند ولی این در حالی است که تراکم ناحیه مسکونی و فاصله تا منطقه تجاری نیز ممکن است به عنوان متغیرهای مستقل به‌کار روند اما استفاده از آن‌ها رایج نیست. متغیرهای مستقل مورد استفاده در مدل‌های جذب سفر بیشتر مرتبط با کاربری زمین همچون میزان اشتغال ناحیه، جمعیت شاغل در محل، کاربری‌های تجاری، خدماتی و سایر کاربری‌ها است.

با توجه به نقش اساسی ایجاد سفر در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، مطالعات متعددی به بررسی تاثیر نسبی عوامل مختلف در این زمینه پرداختند (Agyemang- Duah and Hall, 1997; Douglas, 1973; Pettersson and Schmocker, 2010; Schimek, 1996; Wotton and Pick, 1967). با این حال، این مطالعات بیشتر در کشورهای توسعه‌یافته انجام شده‌اند، و یافته‌ها و همچنین روش‌ها به دلیل تفاوت‌های اساسی با شرایط اقتصادی-اجتماعی و موضوعات داده، به طور مستقیم برای کشورهای درحال توسعه قابل اجرا نیستند. از سوی دیگر مطالعات تولید سفر در کشورهای در حال توسعه هنوز هم به دلیل فقدان داده‌ها برای پرداخت و استفاده از مدل‌های ایجاد سفر محدود هستند. اما اغلب مجموعه داده‌های ثانویه شامل اطلاعات جمعیتی-اجتماعی دقیقی (مانند سرشماری، سوابق سلامت عمومی و غیره) هستند.

هدف از این پژوهش شناسایی عوامل موثر در ایجاد سفرهای برون‌شهری با اهداف اجباری و مقایسه برازش مدل‌های رگرسیون خطی، توبیت و پواسون از نظر قدرت مدل‌سازی تولید و جذب این سفرها است. از جمله نوآوری‌های این پژوهش می‌توان به این مورد اشاره نمود که اکثر مطالعات موجود به بررسی ایجاد سفرهای درون‌شهری پرداخته است و توجه کمتری به سفرهای برون‌شهری شده است. همچنین با توجه به محدودیت‌های مدل رگرسیون (توزیع نرمال و ماهیت غیرمنفی سفرها)، از مدل توبیت نیز جهت مقایسه و مدل‌سازی استفاده شده است.

ناحیه به‌عنوان متغیر وابسته استفاده کردند. آن‌ها دریافتند که متغیر جمعیت از معناداری بالایی برخوردار است و تراکم جمعیت داری علامت منفی در جذب و تولید سفر است. در نهایت، تعداد کارکنان با علامت مثبت در تولید سفر و با علامت منفی در جذب سفر ظاهر شده است (Lee et al., 2015). سانچو و همکاران (۲۰۱۲) رفتار سفر آخر هفته در یک کشور در حال توسعه را بررسی نمودند و هدف آن‌ها تعیین عوامل تأثیرگذار در سفرهای آخر هفته با استفاده از مدل توییت به جای مدل رگرسیون خطی بود. اندازه نمونه ۲۳۰,۹۰۰ خانوار معادل ۳ درصد از کل خانوارها بود. البته مدل‌های ایجاد سفر در این مطالعه بر مبنای سفرهای فردی بود. نتایج حاکی از آن است که تعداد سفرهای آخر هفته خیلی کمتر از سفرهای در طول هفته است. همچنین متغیرهای اقتصادی و اجتماعی موثر در سفرهای در طول هفته با آخر هفته متفاوت است و ناحیه مسکونی و نوع خانه اثرات معناداری بر سفرهای آخر هفته دارند (Choo et al., 2012). چانگ و همکاران (۲۰۱۴) به مقایسه مدل‌های رگرسیون خطی، توییت، پروبیت رتبه‌ای، پواسون، طبقه‌بندی عرضی و طبقه‌بندی عرضی چندگانه جهت مدل‌سازی ایجاد سفر پرداختند. در این پژوهش از اطلاعات مربوط به ناحیه و ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی خانوار به صورت متغیرهای مستقل و همچنین داده‌های سفر سال ۲۰۰۶ در سئول استفاده کردند. از نتایج این پژوهش می‌توان به عملکرد بهتر مدل طبقه‌بندی عرضی نسبت به سایر مدل‌ها در پیش‌بینی اشاره کرد (Chang et al., 2014).

لیم و سرینیواسان (۲۰۱۱) عملکرد سه مدل ایجاد سفر شامل رگرسیون خطی، دو جمله‌ای منفی و پروبیت رتبه‌ای را به تفکیک هدف (کاری خانه‌مبنا، سایر اهداف خانه‌مبنا و غیرخانه‌مبنا) را با استفاده از اطلاعات ناحیه و ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی خانوار به‌عنوان متغیرهای مستقل در مدل‌ها با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج حاکی از آن است که مدل پروبیت رتبه‌ای برازش بهتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد که استفاده از آن به عنوان جایگزینی مناسب برای مدل رگرسیون خطی پیشنهاد می‌شود (Lim and Srinivasan, 2011). ایدیپو و همکاران (۲۰۰۹) داده‌های جمعیت‌شناختی و اقتصادی - اجتماعی را از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه برای تحلیل مدل‌های ایجاد سفر جمع‌آوری نمودند. نتایج نشانگر آن

خودرو تاثیر مثبتی در تولید سفرهای خانه‌مبنا در این شهر دارد. ناصر و شایا (۲۰۲۰) نیز با استفاده از متغیرهای مربوط به مشخصات اقتصادی - اجتماعی و ویژگی‌های سفر در شهر ناصریه، عراق، یک مدل طبقه‌بندی عرضی تولید سفر خانوار پیشنهاد دادند. نتایج نشانگر آن بود که مالکیت خودرو شخصی عامل اصلی تولید سفر خانوار است و پس از آن درآمد و بعد خانوار به عنوان دیگر متغیرهای موثر شناسایی شدند. ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تاثیر محیط مصنوع بر ایجاد سفر ساکنین لهستان پرداختند. از جمله فرض‌های اساسی این مطالعه می‌توان به مواردی همچون اثر معنادار متغیرهای محیط مصنوع بر ایجاد سفر خانوار و تاثیر متفاوت محیط مصنوع بر ایجاد سفر با اهداف مختلف اشاره نمود. پس از پرداخت مدل دو جمله‌ای منفی، نتایج نشانگر تاثیر مثبت و معنادار متغیرهای محیط مصنوع بر ایجاد سفر، به ویژه برای تعداد کل سفرها، تعداد کل توها و سفرهای خرید خانه‌مبنا بود. آل‌طاهر و همکاران (۲۰۱۹) چندین مدل رگرسیون خطی ایجاد سفر درون‌شهری با اهداف مختلف در شهر زقازیق مصر ارائه کردند. در پرسشگری عوامل مختلفی همچون داده‌های جمعیت‌شناختی، اقتصادی - اجتماعی و مشخصات سفر جمع‌آوری گردید. نمونه مورد بررسی حدود ۵۱۱۶ خانوار شامل ۴۲۰۷ خانوار ساکن و ۹۰۹ خانوار غیرساکن بوده است. نتایج بیانگر تاثیر معنادار جمعیت، تعداد خانوار، تعداد کارمندان، تعداد دانش‌آموزان و درآمد در ایجاد سفر بود. ال‌مساعد و فیاد (۲۰۱۸) مدلی برای ایجاد سفر خانه‌مبنا با اهداف مختلف و در روزهای تعطیل و معمولی در شهر ابیرید پیشنهاد کردند. در فرآیند پرسشگری حضوری، مشخصات اقتصادی - اجتماعی ۲۵۰۰ خانوار از طریق پرسش‌نامه جمع‌آوری گردید. نتایج پرداخت مدل‌های رگرسیون خطی و طبقه‌بندی عرضی نشانگر تاثیر معنادار بعد خانوار، مالکیت خودرو و درآمد بود. در نهایت مدل طبقه‌بندی عرضی به عنوان مدل برتر معرفی گردید. لی و همکاران (۲۰۱۵) از داده‌های آنلاین (توییت، فیسبوک و غیره) به‌عنوان داده‌های مبدا - مقصد در منطقه لس‌آنجلس به منظور مدل‌سازی تولید و جذب سفرهای بین ناحیه‌ای استفاده کردند. در این مطالعه از مدل رگرسیون و توییت برای تبدیل داده‌های توییت به تعداد سفرهای ایجاد شده و چگالی مسکونی، تراکم جمعیت، کسب و کار، موسسات تجاری در هر ناحیه، تعداد کارکنان در هر

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (1)$$

که در این رابطه، y_i به عنوان متغیر وابسته بیانگر تعداد سفر ایجاد شده در سطح خانوار (مدل ناهمفزون) یا ناحیه (مدل همفزون)، β_i نشانگر پارامترهای مدل است که از روش حداقل مربعات معمولی پرداخت می‌شود، x_i بیانگر متغیرهای توضیحی و ε_i مولفه خطا است. در ارزیابی مدل رگرسیون خطی، آماره‌های t ، F و ضریب تعیین (R^2) به ترتیب جهت بررسی معناداری ضرایب، معناداری کل مدل و برازش کلی مدل استفاده می‌شود، همچنین منطقی و مطابق انتظار بودن مقدار و علامت ضرایب بایستی بررسی گردد (Ortúzar and Willumsen, 2011).

۳-۲-توییت

مدل توییت (رابطه ۲) ترکیبی از مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه و مدل‌های انتخاب گسسته است و ممکن است کاربرد آن در مدل‌های ایجاد سفر مناسب‌تر باشد. مدل‌های توییت از مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه به دلیل الحاق متغیرهای وابسته منقطع یا سانسور شده، متمایز است. مدل توییت می‌تواند به‌عنوان یک مدل گسسته-پیوسته ارائه شود که در ابتدا یک انتخاب گسسته بین عبور و عدم عبور از آستانه (یک انتخاب دوگانه) و در مرحله دوم (برای مشاهدات عبور از آستانه)، یک انتخاب پیوسته در مورد تعداد بالای آستانه مدل می‌شود. به عبارت دیگر، این رویکرد دو مرحله‌ای است: در مرحله اول، تصمیم انجام یا عدم انجام (در اینجا ایجاد یا عدم ایجاد سفر) اتخاذ می‌شود و در مرحله دوم (برای مشاهدات انجام سفر)، تعداد سفر تعیین می‌شود. بدیهی است که در شرایط عدم وجود داده سانسور شده (عدم وجود مرحله اول)، نتایج این مدل مشابه مدل رگرسیون خطی است. بدین ترتیب، مدل توییت عام بوده و از همه مشاهدات (مشاهدات در حد و بالای آن) هنگام تخمین مدل رگرسیون استفاده می‌کند (Ortúzar and Willumsen, 2011).

$$y_i^* = x_i \beta + \varepsilon_i$$

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{if } y_i^* > \tau \\ \tau_y & \text{if } y_i^* \leq \tau \end{cases} \quad (2)$$

که در آن، y_i^* بیانگر متغیر وابسته، τ پارامتر آستانه، x_i بردار متغیرهای توضیحی، β بردار پارامترهای تخمینی، ε_i نیز مولفه

بود که افراد با درآمد و سطح مالکیت خودرو بالاتر سفرهای برون‌شهری بیشتری را تولید خواهند کرد.

با توجه به ادبیات پژوهش می‌توان دریافت که مالکیت خودرو بر تولید سفر دارای تاثیری مثبت و معنادار است (Agyemang- Duah and Hall, 1997; Douglas, 1973;) (Pettersson and Schmocker, 2010; Schimek, 1996; Wotton and Pick, 1967). در میان عوامل دیگر، درآمد خانوار تاثیر مثبتی بر تولید سفر دارد (Douglas, 1973; Kitamura, 2009; Pettersson and Schmocker, 2010; Schimek, 1996). گلوب (۱۹۸۹) دریافت که تاثیر مثبت درآمد بر تولید سفر می‌تواند یک تاثیر مرتبه دوم ناشی از تاثیر مثبت درآمد بر مالکیت خودرو باشد، که به نوبه خود بر تولید سفر تاثیر مثبت می‌گذارد. با این حال، می‌توان دریافت که درآمد و مالکیت خودرو تاثیرات مثبت جداگانه‌ای بر تولید سفر دارند (Wotton and Pick, 1967). از دیگر عوامل موثر اقتصادی- اجتماعی / جمعیت‌شناختی موثر بر ایجاد سفر می‌توان به بعد خانوار، سن، جنسیت، ساختار خانواده، تعداد کودکان و دانش آموزان (Badoe and Chen, 2004)، متغیرهای مرتبط با اشتغال، تعداد اعضای دارنده گواهی‌نامه رانندگی و متغیرهای همفزون مانند تراکم جمعیت اشاره کرد.

۳-روش‌شناسی

یکی از روش‌های متداول به منظور مدل‌سازی ایجاد سفر، رگرسیون خطی است. هر چند عدم ارائه‌ی نظریه رفتاری و ماهیت صحیح و غیر منفی سفرها از محدودیت‌های این مدل به شمار می‌آید (Khavari, 2018). جهت رفع این محدودیت‌ها، از مدل سانسور شده مانند توییت برای جلوگیری از ایجاد مقادیر منفی و حتی صفر بودن تعداد سفرها استفاده می‌شود. همچنین از مدل‌های با داده‌های شمارشی مانند دوجمله‌ای منفی و پواسون به منظور جلوگیری از ایجاد مقادیر پیوسته و منفی در نرخ سفر استفاده شده است که در ادامه به تشریح روش‌های مذکور پرداخته شده است.

۳-۱-رگرسیون خطی

مدل رگرسیون خطی جهت مدل‌سازی داده‌های پیوسته در ادبیات مورد استفاده قرار گرفته و ساختار ریاضی آن مطابق رابطه (۱) است.

۴- داده‌های پژوهش

در پژوهش جاری از اطلاعات مبدأ - مقصد جاده‌ای کشور سال ۱۳۹۴ استفاده شده است. با توجه به محدودیت‌های مربوط به دسترسی به داده‌های تمامی شهرها و ناقص بودن اطلاعات آن‌ها، در این پژوهش از اطلاعات استان‌های تهران، فارس و خراسان رضوی استفاده شده است که این سه استان در این پروژه آماربرداری به ترتیب دارای ۲۸ ایستگاه و ۱۵ ناحیه، ۵۸ ایستگاه و ۲۸ ناحیه، ۶۶ ایستگاه و ۲۸ ناحیه است. نتایج تحلیل فراوانی سفرهای ایجادشده در این سه استان (جدول ۱) نشانگر آن است که سهم سفرهای برون‌شهری زیارتی- تفریحی تولید شده در هر سه استان نسبت به سایر اهداف سفر بیشتر است. همچنین سهم سفرهای زیارتی- تفریحی جذب‌شده در دو استان تهران و خراسان‌رضوی و سفرهای کاری در استان فارس بیشتر است و سفرهای تحصیلی کمترین سهم را به خود اختصاص داده است. سفرهای زیارتی و تفریحی در استان خراسان‌رضوی و سفرهای با اهداف خرید و امور شخصی در استان فارس بیشتر از دو استان دیگر است. در این پژوهش از اطلاعات سفرهای اجباری (کاری و تحصیلی) به منظور مدل‌سازی ایجاد سفرهای برون‌شهری اجباری استفاده شده است. متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش به تفکیک هدف و تولید/جذب سفر در جدول ۲ ارائه شده است.

خطا با توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس است. از آنجا که در پرداخت مدل توییت، به علت وجود مشاهدات سانسور شده در نمونه، روش کمینه مربعات نتایج ناسازگاری به دنبال دارد؛ روش درست‌نمایی بیشینه برای پرداخت این مدل پیشنهاد می‌گردد. همچنین قابل ذکر است جهت ارزیابی برازش مدل، از آماره‌های نسبت درست‌نمایی، شاخص نسبت درست‌نمایی، آماره t ، علامت و مقادیر پارامترها استفاده می‌شود (Ortúzar and Willumsen, 2011).

۳-۳- پواسون

هنگامی که متغیر وابسته دارای مقادیر غیرمنفی صحیح (شمارشی) است، مدل رگرسیون خطی عملکرد قابل قبولی در پیش‌بینی متغیر وابسته ندارد و مهم‌ترین دلیل آن وجود فرض توزیع نرمال متغیر وابسته است. در این شرایط مدل شمارشی پواسون مورد استفاده قرار می‌گیرد که مهم‌ترین ویژگی آن، برابری میانگین و واریانس مشاهدات است (Ortúzar and Willumsen, 2011). تابع چگالی احتمال یک متغیر تصادفی گسسته همچون Y با توزیع پواسون به صورت رابطه (۳) بیان می‌شود.

$$f(Y | y_i) = \Pr(Y = y_i) = \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!} \quad (3)$$

که در آن $f(Y | y_i)$ نشانگر احتمال برابری متغیر تصادفی گسسته Y با مقدار y_i است و $\lambda_i = \exp(\beta_i x_i)$ میانگین متغیر وابسته است. همچنین از روش درست‌نمایی بیشینه جهت تخمین پارامترهای مدل استفاده می‌شود.

جدول ۱. نتایج تحلیل فراوانی سفرهای ایجاد شده به تفکیک استان و هدف سفر

هدف سفر	تهران		فارس		خراسان رضوی	
	تولید (نسبی)	جذب (نسبی)	تولید (نسبی)	جذب (نسبی)	تولید (نسبی)	جذب (نسبی)
کاری (روزانه)	۱۰۱۵ (۲۴/۳۵)	۷۰۶ (۱۳/۱۹)	۵۷۲ (۲۲/۲۳)	۳۹۸ (۲۲/۸۹)	۴۵۲ (۲۳/۴۰)	۲۴۳ (۱۹/۷۷)
کاری (ماموریت)	۴۲۲ (۱۰/۱۸)	۲۱۱ (۳/۹۴)	۲۸۷ (۱۱/۱۵)	۱۷۵ (۱۰/۳۱)	۱۱۵ (۵/۹۵)	۶۶ (۵/۳۷)
تحصیلی	۱۳۶ (۳/۲۶)	۱۸۹ (۳/۵۶)	۸۰ (۳/۱۱)	۳۸ (۲/۱۸)	۳۳ (۱/۷۰)	۴۰ (۳/۲۵)
دیدار آشنایان	۸۹۳ (۲۱/۴۲)	۱۴۱۱ (۲۶/۳۷)	۴۷۹ (۱۸/۶۲)	۳۱۲ (۱۷/۹۵)	۴۳۸ (۲۲/۶۸)	۳۲۶ (۲۶/۵۲)
زیارتی و تفریحی	۱۳۲۵ (۳۱/۷۸)	۲۲۸۹ (۴۲/۷۸)	۶۳۹ (۲۴/۸۸)	۳۸۲ (۲۱/۹۷)	۶۰۲ (۳۱/۱۷)	۳۲۳ (۲۶/۲۸)
خرید	۱۷۴ (۴/۱۷)	۳۴۱ (۶/۳۷)	۲۷۷ (۱۰/۷۶)	۱۹۵ (۱۱/۲۱)	۱۱۵ (۵/۹۵)	۵۵ (۴/۴۷)
غیرخانه مبنا	۲۰۳ (۴/۸۴)	۲۰۳ (۳/۷۹)	۲۳۸ (۹/۲۵)	۲۳۸ (۱۳/۶۹)	۱۷۶ (۹/۱۱)	۱۷۶ (۱۴/۳۲)
مجموع	۴۱۶۸ (۱۰۰)	۵۳۵۰ (۱۰۰)	۲۵۷۲ (۱۰۰)	۱۷۳۷ (۱۰۰)	۱۹۳۲ (۱۰۰)	۱۲۲۹ (۱۰۰)

جدول ۲. تحلیل توصیفی متغیرهای مورد استفاده در پژوهش به تفکیک هدف و نوع سفر

کاری				تحصیلی					
انحراف	میانگین	بیشینه	کمینه	متغیر	انحراف	میانگین	بیشینه	کمینه	متغیر
معیار					معیار				
۶۳/۸۲	۴۷/۹۱	۳۱۸	۲	Area A	۱۴/۶۴	۶/۸۴	۸۰/۷۴	۰/۱۲	D_ Edu
۲۱/۱۳	۱۵/۹۹	۸۹/۵۴	۰/۲۳	Em*VP	۱۷۲/۲۲	۷۶/۸۰	۸۴۳/۶۲	۹/۲۱	Edu
۴۸/۹۳	۴۶/۰۰	۲۰۹/۵۷	۰/۲۶	Den S	۲/۸۰	۲/۲۹	۱۱	۰	Vp*Edu
۱۴۶/۲۳	۶۸/۹۳	۱۰۶۲	۰	Job2	۳۰۹۹۴۰	۱۰۵۲۵	۱۵۱۵۲۶۳	۱۷۰۹۱	STU
۷۹/۴۲	۳۶/۰۸	۵۷۹	۰	Em*VP	۲۲۷/۸۱	۱۱۶/۵۰	۱۶۰۱	۰	P _i
۱۵/۵۱	۷/۷۱	۹۷	۰	N32-44	۲۰/۱۶	۹/۱۷	۱۳۱	۰	N25-31
۲۲۷/۸۱	۱۱۶/۵۰	۱۶۰۱	۰	Pop	۱۳/۵۵	۳/۸۷	۱۰۱	۰	Auto2+

بحث و تحلیل نتایج

در این بخش نتایج پرداخت مدل‌های برون‌شهری برای اهداف سفر اجباری با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی، پواسون و توییت ارائه می‌شود. مدل‌های پیشنهادی در سطح نواحی (همفزون) است که تعداد سفرهای تولید و جذب شده به ناحیه‌های ترافیکی را به کمک برخی از ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی و کاربری نواحی برآورد می‌کند.

پرداخت و مقایسه مدل‌های تولید سفر با هدف کاری برون‌شهری

در این بخش نتایج پرداخت مدل تولید سفر کاری با هدف برآورد ضرایب متغیرهای مستقل و تعیین میزان اهمیت آماری هر یک از آن‌ها و انتخاب مدل برتر ارائه می‌شود. پس از تخمین تعداد قابل توجهی مدل رگرسیون خطی، توییت و پواسون با متغیرهای مختلف و بررسی روابط منطقی و معناداری ضرایب، مدل برتر انتخاب گردید (جدول ۳). برای سفرهای کاری تعداد شاغلان در سرانه مالکیت خودرو، جمعیت ناحیه مورد نظر، سهم افراد در گروه سنی ۳۲-۴۷ و همچنین سهم افرادی که در گروه شغلی صنعت و ساختمان شاغل هستند به عنوان متغیرهای معنادار (در سطح ۱ درصد معناداری) پیشنهاد گردیدند.

علامت ضرایب متغیرها در مدل‌ها منطقی و مثبت بوده است و نشانگر آن است که افزایش هر یک از این متغیرها باعث افزایش تولید تعداد سفرهای کاری در آن ناحیه می‌شود.

براساس مقادیر اثر حاشیه‌ای، متغیرهای سهم افراد در رده سنی ۳۲-۴۷ سال در ناحیه و شاغلان در سرانه مالکیت خودرو دارای تاثیر بیشتری نسبت به سایر متغیرها هستند. جمله ثابت در مدل‌های توییت و رگرسیون معنادار نیست که نشانگر عدم وجود سایر عوامل موثر معنادار در تولید سفرهای کاری برون‌شهری است؛ اما در مدل پواسون، جمله ثابت معنادار و با علامت مثبت ظاهر شده است که نشان‌دهنده وجود سایر عوامل مؤثر معنادار مشاهده نشده در این مدل است که موجب افزایش تعداد سفرهای کاری در ناحیه می‌شود. با توجه به مقدار ضریب نکویی برازش مدل رگرسیون، ۹۳ درصد تغییرات در تعداد سفرهای کاری ناحیه توسط مدل توضیح داده شده است.

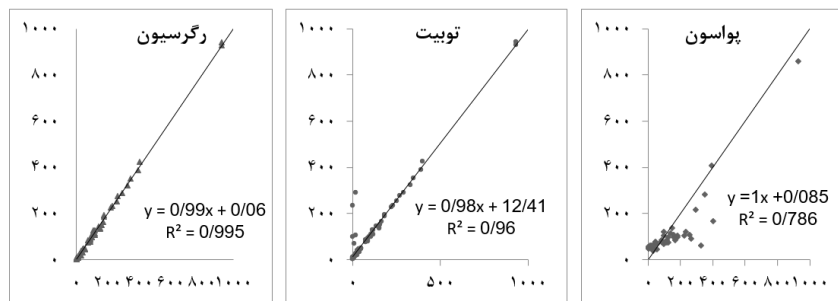
اثرات حاشیه‌ای متغیرهای مدل نشانگر آن است که ضرایب پیشنهادی توسط مدل‌های رگرسیون خطی و توییت تقریباً برابر هستند به نحوی که در مدل رگرسیون خطی با افزایش یک واحد به تعداد شاغلین ناحیه در سرانه مالکیت خودرو، با ثابت نگه داشتن سایر متغیرها، متوسط تعداد سفرهای کاری تولیدی ناحیه به اندازه ۱/۳۰۷ واحد، همچنین افزایش یک واحدی تعداد شاغلین گروه صنعت و ساختمان، موجب افزایش ۰/۶۰۹ واحدی متوسط تعداد سفرهای کاری ناحیه می‌شود. همچنین افزایش یک واحدی در جمعیت ناحیه و سهم افراد در گروه سنی ۳۲-۴۷ سال، به ترتیب، موجب افزایش ۰/۳۴۰ و ۱/۴۱۰ واحدی توسط تعداد سفرهای کاری تولیدی

مشاهده استفاده شده است (شکل ۱). با توجه به مقادیر ضریب تعیین هر یک از نمودارهای پراکنش برآورد - مشاهده می‌توان دریافت که مدل رگرسیون و پواسون به ترتیب بهترین و ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است.

ناحیه می‌شود. در رابطه با مقادیر اثرات حاشیه‌ای مدل پواسون، متغیرهای جمعیت ناحیه مورد نظر، سهم افراد در رده سنی ۳۲-۴۷ مقادیر بیشتری نسبت به مدل‌های رگرسیون و توبیت دارند ولی در سایر متغیرها مقادیر نسبتاً برابر است. به منظور شناسایی بهترین مدل پیشنهادی از نمودارهای پراکنش برآورد -

جدول ۳. نتایج پرداخت مدل‌های تولید سفرهای کاری برون‌شهری

متغیر	رگرسیون خطی		توبیت		پواسون	
	مقدار	ضریب	مقدار	ضریب	مقدار	ضریب
Employ * vp	۱/۳۰۷	۰/۰۰۰	۱/۳۰۱	۰/۰۰۰	۱/۳۷۵	۰/۰۰۰
P _i	۰/۳۴۰	۰/۰۰۰	۰/۳۴۳	۰/۰۰۰	۱/۰۰۹	۰/۰۰۰
N 32 - 47	۱/۴۱۰	۰/۰۰۰	۱/۴۱۰	۰/۰۰۰	۱/۸۳۱	۰/۰۰۰
job2	۰/۶۰۹	۰/۰۰۰	۰/۶۰۸	۰/۰۰۰	۰/۶۴۴	۰/۰۰۰
Cons	۰/۹۱۳	۰/۱۰۲	-۰/۹۰۷	-۰/۱۰۸	-	۳/۹۸۲
F	۳۵۱۷۲/۲۵۰					
R ²	۰/۹۳۵					
ρ ²			۰/۵۳۸		۰/۸۰۲	
LL(β)			-۲۲۶/۹۱۵		-۱۹۹۵/۷۰۲	
LR chi ²			۵۳۰/۲۴۰		۱۶۲۵۰/۰۰۰	
Prob > chi ²			۰/۰۰۰		۰/۰۰۰	
تعداد مشاهدات	۷۱		۷۱		۷۱	



شکل ۱. پراکنش برآورد - مشاهده تعداد سفر کاری تولید شده برون‌شهری

متغیرهای سهم افراد در محدوده سنی ۳۱-۲۵ و سهم خانوارهای با دو یا بیشتر از دو وسیله نقلیه و در مدل پواسون متغیرهای تعداد دانشجویان ناحیه و سهم افراد در محدوده سنی ۳۱-۲۵ بیشترین تأثیر را دارند. علامت مثبت ضرایب نشانگر این است که افزایش تعداد دانشجویان ناحیه، جمعیت ناحیه، سهم افرادی در گروه سنی ۳۱-۲۵ و سهم خانوارهای با ۲ یا بیشتر از ۲ وسیله نقلیه، موجب افزایش تولید تعداد سفرهای

پرداخت و مقایسه مدل‌های تولید سفر با هدف تحصیلی برون‌شهری

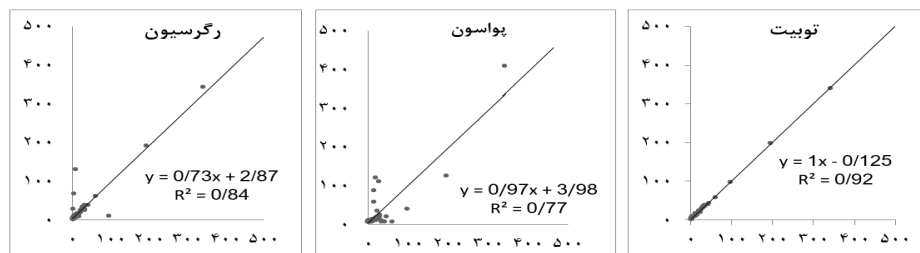
نتایج پرداخت مدل تولید سفر با هدف تحصیلی (جدول ۴) نشانگر تأثیر معنادار متغیرهای دانشجویان ناحیه، جمعیت ناحیه، سهم خانوارهای با بیش از دو وسیله نقلیه و سهم افراد در محدوده سنی ۳۱-۲۵ در سطح اطمینان ۹۹ درصد است. براساس مقادیر اثر حاشیه‌ای در مدل‌های رگرسیون و توبیت،

ممکن است مقادیر اثرات حاشیه‌ای از ضرایب پرداخت‌شده کمتر شود. در مدل توبیت، با افزایش یک واحدی تعداد افراد ۳۱-۲۵ ساله و خانوارهای با بیش از ۲ وسیله نقلیه، متوسط تعداد سفرها به میزان ۰/۲۰ و ۰/۲۷ واحد افزایش می‌یابد. در مدل پواسون با افزایش یک واحدی سهم افراد ۳۱-۲۵ ساله و خانوارهای با بیش از ۲ وسیله نقلیه، متوسط تعداد سفرها به میزان ۳/۱۳ و ۰/۷۸ افزایش می‌یابد. به منظور مقایسه مدل‌های پیشنهادی از نمودارهای پراکنش برآورد - مشاهده و ضرایب تعیین مربوطه استفاده شده است (شکل ۲) که بر این اساس مدل توبیت و پواسون به ترتیب بهترین و ضعیف‌ترین عملکرد را دارند.

تحصیلی می‌شود. در مدل رگرسیون خطی مقدار ضریب تعیین برابر ۰/۹۸ است و جمله ثابت در مدل توبیت برخلاف مدل‌های رگرسیون و پواسون بی‌معنی است؛ که نشانگر عدم وجود دیگر عوامل تاثیرگذار است. اثرات حاشیه‌ای مدل رگرسیون خطی نشانگر آن است که با افزایش یک واحدی سهم افرادی در گروه سنی ۳۱-۲۵ و خانوارهای با بیش از ۲ وسیله نقلیه، تعداد سفرهای تحصیلی به میزان ۰/۸۷ و ۲/۰۶ واحد افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش یک واحدی جمعیت و تعداد دانشجویان ناحیه موجب افزایش ۰/۷۴۶ و ۰/۷۲۱ واحدی تولید سفرهای تحصیلی می‌شود. با توجه به آن که در مدل توبیت، اثرات حاشیه‌ای از حاصل ضرب ضرایب پرداخت‌شده در احتمال سانسور شدن مدل حاصل می‌شود،

جدول ۴ نتایج پرداخت مدل‌های رگرسیون خطی، توبیت و پواسون برای تولید سفرهای تحصیلی برون‌شهری

متغیر	رگرسیون خطی		توبیت		پواسون	
	مقدار	ضریب	مقدار	ضریب	مقدار	ضریب
STU	۰/۷۲۱	۰/۰۰۰	۰/۲۲	۰/۰۸	۱/۶۸	۰/۰۰۰
P_i	۰/۷۴۶	۰/۰۰۰	۰/۳۴	۰/۰۷	۱/۳۲	۰/۰۰۰
N 25 - 31	۰/۸۷۰	۰/۰۰۰	۰/۲۰	۰/۴۸	۳/۱۳	۰/۰۰۰
auto2 +	۲/۰۶۳	۰/۰۰۰	۰/۲۷	۰/۰۴	۰/۷۸	۰/۰۰۰
Cons	۰/۶۹۲	۰/۰۸۸	-	-	-	۰/۰۰۰
Estimator	OLS		MLE		MLE	
F - statistic	۴۸۲۴/۹۶					
R^2	۰/۹۸					
ρ^2			۰/۶۸		۰/۷۲	
LL(β)			-۱۰۶/۴۶۷		-۴۷۷/۷۵۰	
LR χ^2			۴۵۸/۰۷		۲۵۵۵/۹۱	
Prob > χ^2			۰/۰۰		۰/۰۰	
تعداد مشاهدات	۷۱		۷۱		۷۱	



شکل ۲. پراکنش برآورد - مشاهده تعداد تولید سفر تحصیلی برون‌شهری

پرداخت و مقایسه مدل‌های جذب سفر برون‌شهری با هدف کاری

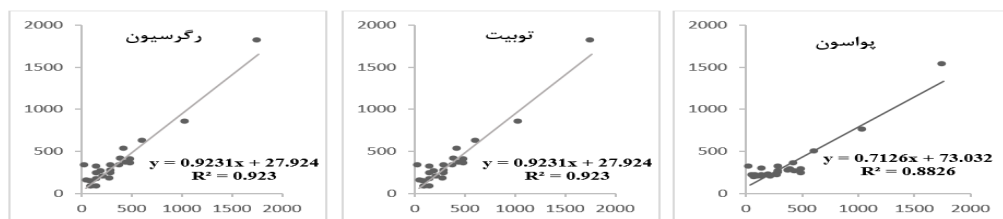
همچنین افزایش یک واحدی (کیلومتر مربع) در چگالی صنعتی ناحیه موجب افزایش $1/680$ واحدی تعداد سفرها می‌شود. در رابطه با مقادیر اثرات حاشیه‌ای مدل پواسون، متغیرهای تعداد شاغلین در سرانه مالکیت خودرو و مساحت اداری در ناحیه مقادیر کمتری نسبت به مقادیر متناظر در مدل‌های رگرسیون و توییت دارند. با توجه به ضرایب تعیین نمودارهای پراکنش برآورد - مشاهده (شکل ۳) می‌توان دریافت که مدل توییت و رگرسیون عملکرد مشابه و بهتری نسبت به مدل پواسون داشته‌اند. شایان ذکر است که (همانطور که در بخش ۲-۳ توضیح داده شد) نتایج مشابه مدل‌های رگرسیون و توییت برای جذب سفرهای کاری (و همچنین جذب سفرهای تحصیلی در جدول ۶) به علت عدم وجود داده سانسور شده در نمونه پژوهش برای این دو دسته سفرها است.

در مدل جذب سفرهای کاری، تعداد شاغلان در سرانه مالکیت خودرو، مساحت اداری در ناحیه و چگالی فضاهای صنعتی ناحیه به‌عنوان متغیرهای مؤثر در سطح اطمینان ۹۹ درصد ارائه شده‌اند (جدول ۵). براساس ضرایب تخمینی در مدل‌ها، متغیرهای تعداد شاغلان در سرانه مالکیت خودرو و مساحت اداری در ناحیه بیشترین تأثیر را دارند.

در مدل رگرسیون خطی مقدار ضریب تعیین برابر $0/923$ و جمله ثابت در مدل پواسون برخلاف مدل‌های رگرسیون و توییت معنادار است. اثرات حاشیه‌ای متغیرهای مدل‌ها نشانگر آن است که ضرایب پیشنهادی توسط مدل‌های رگرسیون خطی و توییت برابر هستند به نحوی که در مدل رگرسیون خطی با افزایش یک واحدی شاغلین ناحیه در سرانه مالکیت خودرو و مساحت اداری ناحیه، متوسط تعداد سفرهای کاری جذب‌شده به ناحیه، به ترتیب، $5/178$ و $0/609$ واحد افزایش می‌یابد.

جدول ۵. نتایج پرداخت مدل‌های رگرسیون خطی، توییت و پواسون برای جذب سفرهای کاری برون‌شهری

متغیر	رگرسیون خطی		توییت		پواسون	
	ضریب	مقدار احتمال	اثر حاشیه‌ای	مقدار احتمال	مقدار	اثر حاشیه‌ای
Employ*vp	۵/۱۷۸	۰/۰۰۰	۵/۱۷۸	۰/۰۰۰	۳/۸۲۷	۰/۰۰۰
Area A	۴/۰۸۴	۰/۰۰۰	۴/۰۸۴	۰/۰۰۰	۱/۷۱۱	۰/۰۰۰
Den S	۱/۶۸۰	۰/۰۱۰	۱/۶۸۰	۰/۰۰۵	۰/۲۴۲	۰/۰۱۱
Cons	۶۷۷۱	۰/۸۵۰	-	۰/۸۳۶	-	۰/۰۰۰
Estimator		OLS		MLE		MLE
F - statistic	۷۹/۹۴۰					
R ²	۰/۹۲۳					
ρ ²				۰/۱۷۵		۰/۷۴۷
LL(β)				-۱۴۴/۸۲۸		-۸۲۹/۰۳۲
LR chi ²				۶۱/۵۴۰		۴۹۱۴/۳۰۰
Prob > chi ²				۰/۰۰۰		۰/۰۰۰
تعداد مشاهدات	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴



شکل ۳. پراکنش برآورد- مشاهده تعداد سفر کاری جذب‌شده برون‌شهری

پرداخت و مقایسه مدل‌های جذب سفر با هدف تحصیلی برون‌شهری

این دو مدل همانگونه که در مورد جذب سفرهای کاری اشاره شد، به علت عدم وجود داده سانسور شده برای این دسته از سفرها است.

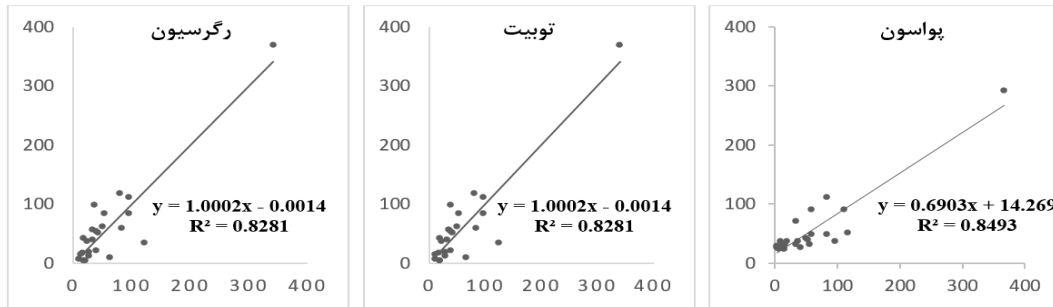
نتایج نشان می‌دهد که جمعیت ناحیه در تولید سفرهای کاری و تحصیلی با علامت مثبت معنادار شده است، اما تأثیر آن در تولید سفرهای تحصیلی حدود دو برابر است. متغیر تعداد شاغلان در سرانه مالکیت خودرو تأثیر مثبتی در جذب و تولید سفرهای کاری دارد، ولی تأثیر این متغیر در جذب حدود ۴ برابر تولید سفرهای کاری است. علاوه بر این، تأثیر چگالی کاربری مرتبط با هدف سفر در مدل‌های جذب متفاوت است، به طوری که تأثیر چگالی صنعتی در جذب سفرهای کاری تقریباً دو برابر تأثیر چگالی آموزشی در جذب سفرهای تحصیلی است که می‌تواند نشانگر تمایل بیشتر افراد در انجام سفرهای کاری نسبت به سفرهای تحصیلی برون‌شهری باشد که می‌توان از این موضوع برای سیاست‌گذاری کاربری زمین در آینده استفاده نمود.

بر اساس مدل پیشنهادی، متغیرهای معنادار در جذب سفرهای تحصیلی برون‌شهری شامل تعداد دانشجویان در سرانه مالکیت خودرو شخصی، تعداد دانشجویان ناحیه و چگالی فضای آموزشی ناحیه می‌شود (جدول ۶). بیشترین تأثیر در مدل‌ها مربوط به متغیرهای تعداد دانشجویان در سرانه مالکیت خودرو شخصی و چگالی فضای آموزشی ناحیه است. ضرایب تمامی متغیرها مثبت است و ضریب تعیین مدل رگرسیون خطی برابر ۰/۸۲۸ است. جمله ثابت در مدل پواسون برخلاف مدل‌های رگرسیون و توییت معنادار ظاهر شده است.

اثرات حاشیه‌ای مدل رگرسیون خطی حاکی از آن است که با افزایش یک واحدی تعداد دانشجویان در سرانه مالکیت خودرو، دانشجویان ناحیه و چگالی فضای آموزشی ناحیه، تعداد سفرهای تحصیلی برون‌شهری جذب‌شده به ناحیه به میزان ۶/۹۸۶، ۰/۳۹۷ و ۰/۸۴۸ واحد به ترتیب افزایش می‌یابد. ضرایب تعیین نمودارهای پراکنش برآورد - مشاهده (شکل ۴) نیز حاکی از آن است که مدل توییت و رگرسیون عملکردی مشابه و بهتر از مدل پواسون داشته‌اند. تشابه نتایج

جدول ۶. نتایج پرداخت مدل‌های رگرسیون خطی، توییت و پواسون برای جذب سفرهای تحصیلی برون‌شهری

متغیر	رگرسیون خطی		توییت		پواسون	
	ضریب	مقدار احتمال	اثر حاشیه‌ای	مقدار احتمال	ضریب	مقدار احتمال
VP _i *edu	۶/۹۸۶	۰/۰۱۱	۶/۹۸۶	۰/۰۰۶	۰/۱۳۲	۰/۰۰۰
Edu	۰/۳۹۷	۰/۰۴۰	۰/۳۹۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
Den Edu	۰/۸۴۸	۰/۰۴۳	۰/۸۴۸	۰/۰۲۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
Cons	۵/۷۲۲	۰/۵۸۱	-	۰/۵۴۵	۳/۱۳۸	۰/۰۰۰
Estimator	OLS		MLE		MLE	
F - statistic	۳۲/۱۱					
R ²	۰/۸۲۸					
ρ ²			۰/۱۵۴		۰/۶۷۲	
LL(β)			-۱۱۵/۷۳۴		-۲۵۴/۲۵۵	
LR chi ²			۴۲/۲۶		۱۰۴۴/۴۵	
Prob > chi ²			۰/۰۰۰		۰/۰۰۰	
تعداد مشاهدات	۲۴		۲۴		۲۴	



شکل ۴. پراکنش برآورد- مشاهده تعداد سفر تحصیلی جذب شده برون‌شهری

۵- نتیجه‌گیری

برای تولید سفرهای تحصیلی، متغیر تعداد خودرو تحت تملک (خانوارهای با بیش از دو وسیله نقلیه) و برای جذب، سرانه مالکیت خودرو از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین متغیرهای سهم خانوارهای با بیش از ۲ وسیله نقلیه و تعداد دانشجویان در سرانه مالکیت خودرو بیشترین تاثیر را بر تولید و جذب سفرهای تحصیلی برون‌شهری دارند. در تولید سفرهای کاری، سهم افراد در رده سنی ۳۲-۴۷ سال و در جذب، تعداد شاغلان در سرانه مالکیت خودرو بیشترین تاثیر را بر ایجاد سفرهای کاری دارند.

از جمله متغیرهای موثر و معنادار فردی، می‌توان به سهم افراد در گروه سنی ۳۲-۴۷ و ۲۵-۳۱ سال در ناحیه برای تولید سفرهای کاری و تحصیلی اشاره نمود.

همچنین از منظر کاربری اراضی، موثرترین متغیرها مربوط به مساحت اداری ناحیه در جذب سفرهای کاری و چگالی کاربری آموزشی در جذب سفرهای تحصیلی است. قابل ذکر است که جمعیت ناحیه در تولید سفرهای کاری و تحصیلی با علامت مثبت معنادار شده است، اما تاثیر آن در تولید سفرهای تحصیلی حدوداً دو برابر است. همچنین متغیر تعداد شاغلان در سرانه مالکیت خودرو در هر دو مدل جذب و تولید سفرهای کاری با علامت مثبت معنادار شده است ولی تاثیر آن در جذب حدود ۴ برابر تولید سفرهای کاری است. علاوه بر این، تاثیر چگالی کاربری مرتبط با هدف سفر در مدل‌های جذب متفاوت است، به طوری که تاثیر چگالی صنعتی در جذب سفرهای کاری تقریباً دو برابر تاثیر چگالی آموزشی در جذب سفرهای تحصیلی است که می‌تواند نشانگر تمایل بیشتر افراد در انجام سفرهای کاری نسبت به سفرهای تحصیلی برون‌شهری باشد که می‌توان از این موضوع برای سیاست‌گذاری کاربری زمین در آینده استفاده نمود.

مدل‌های ایجاد سفر، به عنوان اولین مرحله از رویکرد چهار مرحله‌ای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل سفر، تعداد سفرهای تولید و جذب شده را به تفکیک هدف و ناحیه ترافیکی برآورد می‌کنند. از این‌رو، هرگونه خطا در این مرحله به سایر مراحل منتقل می‌گردد که این امر نشانگر اهمیت ویژه این مرحله است. هدف پژوهش جاری شناسایی عوامل موثر در ایجاد سفرهای برون‌شهری با اهداف اجباری (شامل کاری و تحصیلی) و مقایسه برازش مدل‌های رگرسیون خطی، توییت و پواسون به منظور شناسایی مدل برتر جهت مدل‌سازی تولید و جذب این سفرها است. در این پژوهش از داده‌های مبدا - مقصد سفر جاده‌ای سال ۹۴ سه استان خراسان رضوی، فارس و تهران برای ساخت مدل‌های ایجاد سفر برون‌شهری استفاده شده است. اطلاعات موجود شامل مشخصات اقتصادی، اجتماعی، مشخصات سفر و کاربری اراضی است. نتایج برازش مدل‌ها بیانگر آن است که در تولید سفر کاری و تحصیلی اکثر متغیرهای معنادار توضیحی مربوط به مشخصات فردی و خانوار است ولی در جذب متغیرهای مرتبط با کاربری اراضی سهم بیشتری در توضیح تغییرات در متغیر وابسته را دارند. با توجه به ماهیت مدل‌های رگرسیون خطی و توییت، (در شرایط خاص عدم وجود داده سانسور شده) دارای عملکرد مشابه و برتر از مدل پواسون در هر دو هدف سفر هستند. به عبارتی، مدل پواسون برای هر دو هدف سفر با توجه به ضوابط ارزیابی مدل‌ها، نتوانست جایگزینی مناسب برای مدل رگرسیون خطی یا توییت باشد. از میان مدل‌های تولید سفر کاری، با توجه به نمودار برآورد - مشاهده، مدل رگرسیون ارائه بهتری نسبت به دو مدل دیگر دارد و برای تولید سفر تحصیلی مدل توییت به جای مدل رگرسیون می‌تواند مشاهدات را بهتر بازسازی کند.

- Arifin, T. S. P., Jamal, M., & Oktaviani, D. P., (2020), "Estimation model of home-based trip generation in Graha Indah housing, Samarinda city. Solid State Technology", 63(5), pp.3632-3641.
- Badoe, D. A., & Chen, C., (2004), "Modeling trip generation with data from single and two independent cross-sectional travel surveys", Journal of urban planning and development, 130(4), pp.167-174.
- Bolt, J., & Van Zanden, J. L. (2013). The first update of the Maddison project; re-estimating growth before 1820. Maddison-Project Working Paper WP-4, University of Groningen, January, 5.
- Button, K., Ngoe, N., & Hine, J., (1993), "Modelling vehicle ownership and use in low-income countries", Journal of Transport Economics and Policy, pp.51-67.
- Chang, J. S., Jung, D., Kim, J., & Kang, T., (2014), "Comparative analysis of trip generation models: results using home-based work trips in the Seoul metropolitan area", Transportation Letters, 6(2), pp.78-88.
- Choo, S., Lee, H. & Hong, D., (2012), "Exploring weekend travel behavior in a developing country: an empirical study of Seoul", No. 12-2978.
- Cotrus, A. V., Prashker, J. N., & Shiftan, Y., (2005), "Spatial and temporal transferability of trip generation demand models in Israel", Journal of Transportation and Statistics, 8(1), 37.
- De Dios Ortúzar, J., & Willumsen, L. G., (2011), "Modelling transport. John Wiley & sons".
- Douglas, A. A., (1973), "Home-based trip end models a comparison between category analysis and regression analysis procedures", Transportation, 2(1), pp.53-70.
- Golob, T. F., (1989), "The causal influences of income and car ownership on trip generation by mode", Journal of Transport Economics and Policy, pp.141-162.
- Kitamura, R., (2009), "A dynamic model system of household car ownership, trip generation, and modal split: model development and simulation experiment", Transportation, 36(6), pp.711-732.
- Hosseinzadeh, A., & Baghbani, A., (2020), "Walking trip generation and built environment: a comparative study on trip purposes", International Journal for Traffic & Transport Engineering, 10(3).
- برای مطالعات آتی، پیشنهاد می‌گردد از اطلاعات سایر استان‌ها نیز به منظور بروزرسانی و مقایسه برآزش مدل‌ها و رفع محدودیت‌های این پژوهش استفاده گردد. همچنین استفاده از اطلاعات سفر سایر استان‌ها به منظور بررسی انتقال‌پذیری زمانی-مکانی نیز در مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد.
- ### ۶- مراجع
- خاوری، ف.، (۱۳۹۷)، "یک مطالعه تطبیقی مدل‌های ایجاد سفرهای درون‌شهری و بیرون‌شهری"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- خاوری، ف. و ممدوحی، ا.، (۱۳۹۶)، "مقایسه مدل‌های تولید سفر بین‌شهری رگرسیون خطی و توییت برای سفرهای خرید و امور شخصی"، هفدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.
- ممدوحی، ا. و احمدی‌پور، ف.، (۱۳۹۷)، "یک تحلیل ساختاری و تطبیقی از مدل‌های مختلف تولید سفر"، نمونه موردی سفرهای تحصیلی شهروندان قزوین. مهندسی عمران مدرس. ۱۸ (۲)، ص. ۱-۱۲.
- ممدوحی، ا. نصیری، س. و عباسی، م.، (۱۴۰۰)، "مدل زمان‌روز، رویکردی متفاوت جهت شناسایی عوامل مؤثر در انتخاب وسیله افراد نمونه موردی شهر مشهد"، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، ۵۳ (۱۱)، ص. ۴۶۱۲-۴۵۹۹.
- ممدوحی، ا. میرزائی، م. و عباسی، م.، (۱۴۰۰)، "عوامل مؤثر بر تغییر وسیله به قطار سبک شهری در سفرهای تحصیلی دانشجویان"، مطالعات مدیریت ترافیک، ۶۲، ص. ۱-۳۶.
- Agyemang-Duah, K., & Hall, F. L., (1997), "Spatial transferability of an ordered response model of trip generation", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 31(5), pp.389-402.
- Al-Masaeid, H. R., & Fayyad, S. S., (2018), "Estimation of trip generation rates for residential areas in Jordan", Jordan Journal of Civil Engineering, 12(1).
- Altaher, M., Abdallah, A. M., Elsayed, M. A., Baz, A. E., Baz, A., & Mahfouz, E. S., (2019), "Creating trip generation models for unplanned cities", International Journal of Scientific and Engineering Research, 10(4), pp.396-406.

- Pettersson, P., & Schmöcker, J. D., (2010), "Active ageing in developing countries? trip generation and tour complexity of older people in Metro Manila", *Journal of Transport Geography*, 18(5), pp.613-623.
- Schimek, P., (1996), "Household motor vehicle ownership and use: how much does residential density matter?", *Transportation Research Record*, 1552(1), pp.120-125.
- Wootton, H. J., & Pick, G. W., (1967), "A model for trips generated by households", *Journal of Transport Economics and Policy*, pp.137-153.
- Zhang, Q., Clifton, K. J., Moeckel, R., & Orrego-Oñate, J., (2019), "Household trip generation and the built environment: does more density mean more trips?", *Transportation Research Record*, 2673(5), pp.596-606.
- Lee, J. H., Gao, S., & Goulias, K. G., (2015), "Can Twitter data be used to validate travel demand models? In 14th international conference on travel behaviour research".
- Lim, K.K. & Srinivasan, S., (2011), "Comparative analysis of alternate econometric structures for trip generation models", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2254), pp.68-78.
- Naser, I. H., & Shaia, H., (2020), "Estimation trip generation for urban area of Nasiriyh city", *Journal of Global Scientific Research*, ISSN: 2523-9376, 3, pp.451-460.

Comparative Study and Identification of Effective Factors in Interurban Mandatory Trip Generation

Amir Reza Mamdoohi, Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Fatemeh Khavari, M.Sc. Graduate, Faculty of Civil and Environmental Engineering of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Mohammadhossein Abbasi, Ph.D. Candidate, Faculty of Civil and Environmental Engineering of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

E-mail: armamdoohi@modares.ac.ir

Received: January 2023- Accepted: June 2023

ABSTRACT

Trip generation is the first step in the conventional four-step transportation planning process, which, if incorrectly forecasted, leads to waste of national resources and poor infrastructure performance. This paper aims to identify the influential factors of suburban trip generation with mandatory purposes and compare the linear regression, Tobit and Poisson regression models using the origin-destination travel data of Khorasan, Fars and Tehran provinces in 2015. Results show better or equal performance of linear regression and Tobit models in all trip purposes. The variable of households with more than two vehicles for educational trip production and car ownership per capita for educational trip attraction are significant. Also, share of households with more than 2 vehicles and the number of students per capita multiplied by car ownership have the greatest impact on the production and attraction of suburban educational trips. The share of people aged between 32-47 years and the number of employee per capita multiplied by car ownership have the greatest impact on the production and attraction of work trips, respectively. The population of a district is significant with a positive sign in trip production of work and educational trips, but its impact on the educational trips is twice as that of work. The number of employees multiplied by car ownership per capita has a positive effect on the attraction and production of work trips, but the effect on the attraction is about 4 times the production. Furthermore, the effect of density related to the trip purpose varies in attraction models, so that the effect of industrial density on work trip is almost twice the effect of educational density on educational trips, which can indicate a greater propensity of people to conduct suburban work trips compared to educational ones which could be used as a policy implication.

Keywords: Trip Generation, Linear Regression, Poisson, Tobit, Mandatory Trips