ارائه مدل رفتاری مسافران در سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی مسافران حمل‌ونقل عمومی

مقاله علمی – پژوهشی

غلامعلی بهزادی*، استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شمال، آمل، ایران
رضا بهزاد، دانشجوی دکترا، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شمال، آمل، ایران
رقیه جمشیدی شهمیری، دانشجوی دکترا، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شمال، آمل، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ga.behzadi@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹- پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰
صفحه ۳۶۰-۳۵۳

چکیده

افزایش جمعیت شهرها همراه با گسترش محدوده شهری سبب تمایل اشخاص به استفاده از خودروهای شخصی برای رسیدن به مقاصد خود شده است. این افزایش تقاضا برای استفاده از خودرو مشکلاتی را به همراه داشته است. یکی از این مشکلات افزایش ترافیک شهری و برون شهری بوده است. حمل‌ونقل عمومی یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش ترافیک می‌باشد اما با گسترش روزافزون جمعیت، حمل‌ونقل عمومی نیز درگیر ترافیک و عدم دسترسی سریع شده است. مدیریت کنترل ترافیک مشکل بزرگ در سراسر جهان محسوب می‌شود، سیستم حمل‌ونقل هوشمند یکی از راه‌حل‌های کاهش این مشکل با استفاده از تکنولوژی جدید است. سیستم‌های اطلاع‌رسانی به مسافران یکی از شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند است که باعث کاهش زمان انتظار، بهبود سطح خدمات حمل‌ونقل همگانی و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر درمورد شیوه‌ی سفر و مسیرهای برنامه‌ریزی و زمان سفر می‌شود. در این تحقیق سعی می‌شود علاوه بر ارزیابی تأثیر این سیستم بر استفاده‌ی افراد از شیوه‌ی حمل‌ونقل همگانی، متغیرها و داده‌های اثرگذار بر انتخاب افراد شناسایی و اولویت استفاده‌ی آنها نیز تعیین شود. در جهت نیل به اهداف پژوهش ابتدا عوامل تأثیرگذار مشخص و سپس پرسشنامه‌هایی به روش بیان ترجیحات طراحی شده و در شهر ساری توزیع و تکمیل گردید. مدل لوجیت دوگانه جهت تعیین ارائه مدل رفتاری در سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به مسافران، به کار گرفته شد. نتایج مدل نشان داد عواملی نظیر اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه، زمان انتظار برای اتوبوس، اطلاع از صندلی‌های خالی اتوبوس برای افراد از مطلوبیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حمل‌ونقل همگانی، سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به مسافران، مدیریت ترافیک، انتخاب‌های گسسته، مدل لوجیت دوگانه

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، سیاست‌گذاران و متخصصان حمل‌ونقل، حمل‌ونقل عمومی را مورد توجه قرار داده‌اند، همچنین تلاش برای شناخت عوامل موثر بر تصمیم افراد به استفاده از حمل‌ونقل عمومی و میزان تأثیر هر یک از این عوامل برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل لازم است. انتخاب شیوه‌ی سفر بین حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل خصوصی یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده است که تحت عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های سفر و اهداف سفر و زمان سفر و ویژگی‌های مسافر و کیفیت خدمات است

(Chowdhury and Ceder, 2016). در طول ۴۰ سال گذشته بسیاری از شرکت‌های حمل‌ونقل و گردانندگان اتوبوس در سراسر جهان سرمایه‌گذاری‌هایی در سخت‌افزار و نرم‌افزار و فناوری‌های ارتباطی برای بهبود خدمات حمل‌ونقل و جذب مسافر کردند (Nuzzolo and Comi, Tilocca, Farris, 2016 et al. 2017). سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، ابزارهایی هستند که در زمان کوتاهی وضعیت شبکه را پیش‌بینی می‌کند که برای کنترل عملیات حمل‌ونقل و اطلاعات مسافرین مفید است (Nuzzolo and Comi ۲۰۱۶). با اینکه نزدیک به دو دهه از بکارگیری این روش در کشورهای توسعه یافته می‌گذرد اما همچنان این سیستم‌ها یک مفهوم جدید به حساب می‌آید (Singh and Gupta, 2015). در سال ۱۹۹۷ برای اولین بار این تکنولوژی به اجرا درآمد و از زمان پیاده‌سازی به طور گسترده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت (El□Geneidy, 2011 Horning et al.). سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به مسافران یکی از شاخص‌های سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند است که سطح خدمات را برای کاربران حمل‌ونقل عمومی بهبود می‌بخشد و ارائه این اطلاعات ممکن است نگرش غیرکاربران را نسبت به حمل‌ونقل عمومی تغییر دهد و باعث جذب مسافران و افزایش رضایت کاربران می‌شود (Jeong and Rilett ۲۰۰۵). درک اهداف رفتاری مسافران حمل‌ونقل عمومی مهم است زیرا وفاداری کاربران به عنوان تعیین‌کننده عملکرد مالی بلندمدت است (Lai and Chen, 2011). مدل‌های انتخاب نسبت به سایر مدل‌های تفکیک سفر، متداول‌تر و علاوه بر مشاهدات تحلیل‌گر، دربرگیرنده‌ی خصوصیات فردی و اجتماعی افراد تصمیم‌گیرنده هستند و در آن رفتار تصمیم‌گیرنده و تلاش افراد در بیشینه‌سازی مطلوبیت ناشی از انتخاب از طریق روابط ریاضی مدل‌سازی می‌شود (Ben-Akiva, Lerman et al. ۱۹۸۵) و هر فرد می‌تواند بیشتر مایل به تغییر رفتار سفر خود باشد (Khattak, Polydoropoulou et al.). به دلایل مختلف از جمله عدم اطلاع‌رسانی صحیح در چند سال اخیر همچنان تمایل مسافران به استفاده از حمل‌ونقل عمومی افزایش چشمگیری نیافته است در این تحقیق سعی می‌شود تأثیر سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی بر استفاده‌ی افراد از شیوه‌ی حمل‌ونقل عمومی با استفاده از مدلسازی انتخاب گسسته از نوع مدل لوجیت دوگانه تعیین شود، همچنین داده‌هایی که از نظر کاربران دارای اهمیت است و اولویت استفاده از آن‌ها تعیین شود.

۲- پیشینه تحقیق

عبدل عتی و همکارانش با استفاده از مدل‌سازی پروبیت نشان دادند که اطلاعاتی نظیر: تواتر سرویس، فاصله تا ایستگاه، صندلی‌های موجود و ساعات کاری برای کاربران حمل‌ونقل عمومی مهم است (Abdel-Aty, 2002). مک کنزی و همکارانش با نصب یک نمایشگر اطلاعات آنلاین حمل‌ونقل عمومی در لابی اداره و با تجزیه و تحلیل از رگرسیسون لجستیک دریافتند که حدود ۷۰ درصد افراد صفحه را متوجه شدند و واکنش مثبت داشتند و حدود ۳۰ درصد از این گروه هرگز از آن استفاده نکردند و اکثر کاربران مکان فیزیکی نمایش در این مطالعه را ناخوشایند می‌دانستند و بسیاری از آن‌ها به استفاده از برنامه گوشی هوشمند برای دریافت اطلاعات آنلاین حمل‌ونقل اشاره نمودند (Ge, Jabbari et al. 2017). ون تای و همکارانش با تحلیل آماری واریانس و هدف تعیین عوامل اثرگذار در رفتار مسافران حمل‌ونقل عمومی مشخص نمودند که ایمنی وسیله نقلیه، نظافت تأسیسات، رسیدگی به شکایات و ویژگی‌های کلی سیستم حمل‌ونقل و ایستگاه‌ها و پایانه‌ها تأثیر قابل توجهی بر اهداف رفتاری مسافران می‌گذارند (Lai and Chen, 2011)، همچنین در مطالعه‌ای مشابه تانگ و همکارانش به پارامترهای نظیر قیمت بنزین، شرایط آب‌وهوایی، نرخ بیکاری، جمعیت، کرایه و سطح سرویس خدمات اشاره نمودند (Tang and Thakuriah, 2012). ماد ماتیور و همکارانش درحالی که تابلوهای نمایش در ایستگاه اتوبوس به عنوان مطلوب‌ترین رسانه برای بدست آوردن اطلاعات مربوط به سفر تلقی می‌شدند پژوهشی آغاز کردند و دریافتند که بخش قابل توجهی از پاسخ-دهندگان یا موافق بودند یا به شدت موافق بودند که سیستم اطلاعاتی فعلی مانع استفاده از وسایل حمل‌ونقل همگانی می‌شود (Rahman, Wirasinghe et al. 2013). زیتو و همکاران با کالیبره نمودن مدل پروبیت بیان کردند که حدود ۳۹ درصد پاسخ‌دهندگان به نوع اطلاعات و حدود ۳۶ درصد به هزینه و حدود ۲۵ درصد به سیستم‌های اطلاع‌رسانی علاقمند هستند (Zito, Amato et al. ۲۰۱۱).

ارزیابی تاثیر سیستم‌های اطلاع‌رسانی به مسافران در حمل‌ونقل عمومی توسط هیکمن و همکاران با روش شبیه‌سازی (Hickman and Wilson ۱۹۹۵) و توسط بن آکیوا با روش لوجیت چندجمله‌ای ارائه شد (Khattak, Polydoropoulou et al. ۱۹۹۶)، این پارامتر بعدها توسط مک فارلین با روش رگرسیون مورد مطالعه قرار گرفت (Brakewood, Macfarlane et al. ۲۰۱۵).

۳- مدل ریاضی

مدل‌های لوجیت ساده‌ترین، ابتدایی‌ترین و پرکاربردترین مدل انتخاب گسسته به شمار می‌آید. اولین بار ساختار مدل لوجیت توسط برکسن استفاده شد (Berkson ۱۹٤٤) این مدل در دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی و پس از تحقیقات مک فادن (McFadden ۱۹۷۳) به صورت چشم‌گیری مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت (Nassiri and Rezaei ۲۰۱۲). مدل‌های لوجیت، رایج‌ترین مدل‌های انتخاب احتمالی می‌باشند که به علت توانایی آن‌ها در مدل‌سازی رفتارهای پیچیده حمل‌ونقلی در هر جمعیت مطالعاتی از طریق تکنیک‌های ساده ریاضی، دارای بیشترین کاربرد در زمینه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و بخصوص تفکیک سفر می‌باشند درحالی که مدل‌های پروبیت دارای ساختار پیچیده‌ای هستند که به کارگیری آن‌ها مستلزم صرف هزینه‌های هنگفتی خواهد بود، از طرف دیگر مدل‌های پروبیت دارای فرمول‌های خاص (به عنوان مثال: نمایی، کسری و ...) نیستند که این موضوع نیز کاربرد آن‌ها را با مشکل روبرو می‌نماید. یکی از انواع مدل لوجیت، مدل لوجیت دوگانه است که برای توضیح نحوه‌ی انتخاب یک شخص بین دو گزینه مجزا بکار برده می‌شود و دارای ویژگی‌های ساختاری و فرضیات مدل لوجیت چندگانه است. در زمینه‌ی مدل‌سازی انتخاب گسسته، تابع مطلوبیت تعریف شده برای تصمیم‌گیرنده‌ی n، برای انتخاب i از مجموعه‌ی انتخاب در دسترس، به صورت رابطه‌ی ۱ تعریف می‌شود.

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni} \qquad (۱)$$

که در آن $\in_{ni}$ و V_{ni} به ترتیب بیانگر بخش سیستماتیک و تصادفی مطلوبیت گزینه iام برای فرد nام هستند. محبوبیت این مدل از آنجا ناشی می‌شود که فرم بسته‌ای برای بیان احتمال انتخاب گزینه ها ارائه می‌دهد که به سادگی قابل تفسیر است (Train ۲۰۰۹). فرم کلی مدل لوجیت دوگانه به صورت رابطه‌ی ۲ بیان می‌شود.

$$\Pr(i) = \frac{e^{U_i}}{e^{U_i} + e^{U_j}} \qquad (۲)$$

برای اندازه‌گیری میزان نکویی برازش مدل از آماره ρ_0^2 و ρ_c^2 طبق رابطه ۳ و ٤ استفاده می‌شود.

$$\rho_0^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \qquad (۳)$$

$$\rho_c^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(c)} \qquad (٤)$$

در این روابط $LL(\beta)$، مقدار لگاریتم تابع احتمال تخمین زده شده برای تمامی پارامتراها، $LL(c)$ مقدار تابع لگاریتم احتمال تنها برای جملات ثابت (سهم بازار) و $LL(0)$ مقدار تابع لگاریتم احتمال برای مدل با پارامترهای صفر است (سهم مساوی). شاخص برازندگی همواره مقداری بین ۰ و ۱ دارد (de, 2012 Dios Ortuzar).

۳-۱روش مدلسازی

جهت ارزیابی انتخاب افراد نسبت به شیوه‌ی سفرهای شغلی و تحصیلی از مدل لوجیت دوگانه استفاده می‌شود. در ساختار مدل لوجیت به ازای هر گزینه انتخاب یک تابع مطلوبیت تشکیل می‌شود که برای مدل لوجیت دوگانه تشکیل یک تابع مطلوبیت کافیست چرا که انتخاب حمل‌ونقل همگانی معادل خودروی شخصی درنظر گرفته شد. حدود ۱۰ درصد از پرسشنامه‌ها (۳۰ پرسشنامه) قبل از ساخت مدل جداسازی و در پایان برای اعتبارسنجی مدل مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش، برای تجزیه و تحلیل داده‌های ورودی به تابع مطلوبیت از نرم‌افزار nlogit.6 استفاده شده است. دو مدل ساخته شد، یک مدل فقط تأثیر متغیرهای مشخصات افراد و در مدل دیگر با در نظر گرفتن ویژگی‌های خودروهای شخصی و حمل‌ونقل همگانی همراه با ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی افراد انجام شد.

برای این منظور، دو گزینه در مجموعه انتخاب برای هر تصمیم‌گیرنده درنظر گرفته شد:

۱) خودروی شخصی

۲) اتوبوس

برای افرادی که وسیله‌نقلیه مورد استفاده آن‌ها اتوبوس بوده است، کد یک و در غیر این صورت کد صفر لحاظ شده است.

٤- جمع‌آوری داده‌ها

در این پژوهش از اطلاعات سفر به دست آمده از پرسشگری حضوری در شهر ساری استفاده شده است. متغیرها به ۳دسته هزینه سفر، زمان سفر و ارائه اطلاعات تقسیم شده است و در مطالعه موردی انجام شده هزینه سفر شامل کرایه اتوبوس، پارکینگ خودرو، سوخت خودرو و زمان سفر شامل زمان سفر اتوبوس، زمان سفر خودرو، زمان دسترسی به اتوبوس، زمان دسترسی به خودرو، زمان انتظار اتوبوس و ارائه اطلاعات شامل اطلاع از صندلی‌های خالی اتوبوس، اطلاع از تواتر سرویس اتوبوس، اطلاع از مسیریابی اتوبوس، اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به مقصد، اطلاع از نحوه پرداخت کرایه اتوبوس است. متغیر زمان سفر در آستانه کوتاه، متوسط، طولانی تعریف شد و براساس پرسشگری برای اتوبوس به ترتیب ۱۹، ۲۱,۵، ۲٦ و برای خودروی شخصی به ترتیب ۱۳,۵، ۱۵، ۱۸,۵ مشخص شده است، همچنین آستانه کم، متوسط، زیاد برای پارامتر هزینه سوخت و پارکینگ خودروی شخصی به ترتیب ۷,۵، ۸، ۹,۵ و برای پارامتر هزینه کرایه اتوبوس به ترتیب ۳، ۳,۵، ٤ درنظر گرفته شده است. در آماربرداری رجحان بیان شده انتخاب و رفتار افراد تحت شرایط مختلف ثبت شد که این پرسشنامه شامل دو بخش سوالات اقتصادی و اجتماعی افراد نظیر: سن، جنسیت، بُعدخانوار، درآمد، شغل، مالکیت خودرو، تعداد سفرها در هفته و همچنین زمان و هزینه‌ی سفر افراد با خودروی شخصی و حمل‌ونقل همگانی و سوالات اصلی تقسیم شد. آماربرداری به صورت پرسش‌گری از افراد مختلف جامعه شامل کاربران خودروی شخصی و حمل‌ونقل عمومی برای سفرهای شغلی و تحصیلی انجام شد. بعد از انجام پرسشگری و حذف تعدادی از پرسشنامه‌هایی که ناقص تکمیل شده بودند، ۳۳۰ پرسشنامه مورد تحلیل قرار گرفت. برای هر پرسشنامه ۱۵ سناریو تعریف شد که جمعاً ٤۹۵۰ انتخاب بدست آمد.

نتایج پرداخت مدل

در ابتدا تک‌تک متغیرها برای بررسی سطح معناداری و منطقی مدل، بصورت مستقل در نرم‌افزار، مورد ارزیابی قرار گرفته است و نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. تفسیر معنی دار بودن و منطقی بودن متغیر

متغیر	ضریب	تفسیر معناداری و منطقی بودن متغیر
A	_.04701***	هرچه کرایه اتوبوس کاهش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.
C	.2379**	هرچه هزینه سوخت و پارکینگ خودروی شخصی افزایش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.
E	_.00642	متغیر زمان سفر اتوبوس درصد اطمینان لازم را بدست نیاورده، درنتیجه سطح معناداری و منطقی بودن را نیز کسب نکرده است.
F	.01101**	هرچه زمان سفر خودروی شخصی افزایش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.
J	1.36758***	هرچه اطلاع از نحوه‌ی پرداخت کرایه اتوبوس افزایش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.
K	1.02108***	هرچه اطلاع از مسیریابی اتوبوس افزایش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.

R	_2.04972***	هرچه زمان انتظار اتوبوس کاهش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.
SS	_1.48914***	هرچه زمان دسترسی اتوبوس کاهش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی نیست.
NN	1.79734***	هرچه اطلاع از صندلی‌های خالی اتوبوس افزایش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.
M	3.51667***	هرچه اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه افزایش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.
X	_.42436***	هرچه اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به مقصد کاهش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی نیست.
Y	1.13924***	هرچه اطلاع از تواتر سرویس اتوبوس افزایش یابد، مطلوبیت انتخاب افراد به شیوه سفر حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد داشت، پس متغیر معنادار و منطقی است.
Z	.11311	متغیر زمان دسترسی به خودروی شخصی درصد اطمینان لازم را بدست نیاورده، درنتیجه سطح معناداری و منطقی بودن را نیز کسب نکرده است.

از ۱۳ متغیر بررسی شده در مدل، فقط ٤ متغیر که مربوط به اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه، زمان دسترسی اتوبوس، زمان سفر اتوبوس، زمان دسترسی به خودروی شخصی هستند، منطقی نبودند و ۹ متغیر دیگر به صورت مستقل در مدل معنی‌دار بودند. مدل نهایی بعد از پرداخت بیش از ۹۰ مدل بدست آمد که به شرح زیر است:

$$U_1 = -4.05698 - .04701\,\mathbf{A} + .2379\,\mathbf{C} + .01101\,\mathbf{F} + 1.36758\,\mathbf{J} + 1.02108\,\mathbf{K} - 2.04972\,\mathbf{R} + 1.79734\,\mathbf{NN} + 3.51667\,\mathbf{M} + 1.13924\,\mathbf{Y}$$

توجیه‌پذیری پارامترها به شرح زیر است:

A : هرچه کرایه اتوبوس کمتر باشد، افراد ترجیح می‌دهند بیشتر از اتوبوس استفاده کنند. منطقی است چرا که افراد ترجیح می‌دهند هزینه سفر خود را به حداقل برسانند.

C : هرچه هزینه‌ی سوخت و پارکینگ خودروی شخصی بیشتر باشد، افراد تمایل دارند بیشتر از اتوبوس استفاده کنند. منطقی است چرا که افراد مایلند هزینه‌ی کمتری را برای سفرهای شغلی و تحصیلی خود داشته باشند.

F : هرچه زمان سفر با خودروی شخصی بیشتر باشد، افراد ترجیح می‌دهند بیشتر از اتوبوس استفاده کنند. منطقی است چرا که مسافت زیاد باعث خستگی و خواب‌آلودگی راننده می‌شود.

J : درصورت اطلاع از نحوه‌ی پرداخت کرایه اتوبوس، افراد تمایل دارند بیشتر از اتوبوس استفاده کنند. منطقی است چرا که افراد زمان تلف شده‌ای برای سفر خود ندارند.

R : هرچه زمان انتظار برای اتوبوس کاهش یابد، افراد ترجیح می‌دهند بیشتر از اتوبوس استفاده کنند. منطقی است چرا که یک سرویس دارای تاخیر باعث نارضایتی و کاهش اطمینان به شیوه‌ی اتوبوس شود.

K : هرچه اطلاع از مسیریابی اتوبوس افزایش یابد، افراد مایل هستند بیشتر از اتوبوس استفاده کنند. منطقی است چرا که باعث تصمیم‌گیری بهتر و آگاهانه‌تر درمورد شیوه‌ی سفر و مسیرهای برنامه‌ریزی شده می‌شود.

NN : هرچه اطلاع از صندلی‌های خالی اتوبوس افزایش یابد، افراد تمایل بیشتری برای استفاده از اتوبوس دارند. منطقی است چرا که باعث افزایش سطح خدمات برای کاربران حمل‌ونقل عمومی می‌شود.

Y : هرچه اطلاع از تواتر سرویس اتوبوس افزایش یابد، افراد ترجیح می‌دهند بیشتر از اتوبوس استفاده کنند. منطقی است چرا که باعث افزایش اطمینان خاطر کاربران نسبت به شیوه‌ی حمل‌ونقل عمومی می‌شود.

M : هرچه اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه افزایش یابد، افراد تمایل دارند بیشتر از اتوبوس استفاده کنند. منطقی است چرا که باعث کاهش زمان انتظار و بهبود قابلیت اطمینان حمل‌ونقل می‌شود.

آزمون نکویی برازش در مدل لوجیت ساخته شده نشان داد که تفاوت معناداری بین متغیر مشاهده شده و مقادیری که در مدل پیش‌بینی شده، وجود نداشته و در نتیجه مدل ساخته شده معتبر و مورد تایید است. شاخص برازندگی همواره مقداری بین صفر و یک دارد و مقادیر آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. مقادیر نکویی برازش

$LL(\beta)$	**_1882.6**
$LL(0)$	**_3112.2**
$LL(c)$	**_2459**
ρ_0^2	**0.395**
ρ_c^2	**0.23**

با توجه به نتایج مدل، اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه، زمان انتظار اتوبوس و اطلاع از صندلی‌های خالی اتوبوس از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر تصمیم افراد به انتخاب شیوه‌ی سفر افراد برای سفرهای شغلی و تحصیلی می‌باشد. استفاده از سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به مسافران باعث کاهش زمان انتظار، افزایش ضریب اطمینان، کاهش مشکلات ترافیکی، کاهش آلودگی زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های سفر می‌شود.

۵-نتیجه‌گیری

بعد از مدلسازی و شناخت عوامل تأثیرگذار، اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه به عنوان اصلی‌ترین عامل در راستای ترغیب افراد به استفاده از حمل‌ونقل همگانی شناخته شد، همچنین با کالیبره نمودن مدل دریافت شد که در سفرهای شغلی و تحصیلی سطح شهر ساری وجود سیستم اطلاع‌رسانی به مسافران می‌تواند در تصمیم‌گیری ۸۰ درصد مسافران اثرگذار باشد. اولویت‌بندی پارامترهای ارزیابی شده به شرح زیر است:

اطلاع از زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه، زمان انتظار برای اتوبوس، اطلاع از صندلی‌های خالی اتوبوس، زمان دسترسی به اتوبوس، اطلاع از نحوه‌ی پرداخت کرایه اتوبوس، اطلاع از تواتر سرویس اتوبوس، اطلاع از مسیریابی اتوبوس، میزان سفرهای شغلی و تحصیلی در هفته، شغل کاربران، سن کاربران، کرایه اتوبوس، مالکیت خودرو خانوار، هزینه سوخت و پارکینگ خودروی شخصی و زمان سفر خودروی شخصی.

۶-مراجع

- Abdel-Aty, M. A. (2001). Using ordered probit modeling to study the effect of ATIS on transit ridership. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies 9(4)*: 265-277.

- Ben-Akiva, M. E., S. R. Lerman and S. R. Lerman (1985). Discrete choice analysis: theory and application to travel demand, *MIT Press.*

- McFadden, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.

-Nassiri, H. and A. Rezaei (2012). Air itinerary choice in a low-frequency market: A decision rule approach. *Journal of Air Transport Management 18(1):* 34-37.

-Nuzzolo, A. and A. Comi (2016). Advanced public transport and intelligent transport systems: new modelling challenges. Transportmetrica A: *Transport Science 12(8):* 674-699.

- Rahman, M. M., S. Wirasinghe and L. Kattan (2013). Users' views on current and future real□time bus information systems. *Journal of Advanced Transportation 47*(3): 336-354.

-Singh, B. and A. Gupta (2015). Recent trends in intelligent transportation systems: a review. *Journal of Transport Literature 9(2):* 30-34.

-Tang, L. and P. V. Thakuriah (2012). Ridership effects of real-time bus information system: A case study in the City of Chicago. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies 22:* 146-161.

-Tilocca, P., S. Farris, S. Angius, R. Argiolas, A. Obino, S. Secchi, S. Mozzoni and B. Barabino (2017). Managing data and rethinking applications in an innovative mid-sized bus fleet. *Transportation Research Procedia 25:* 1899-1919.

-Train, K. E. (2009). Discrete choice methods with simulation, *Cambridge University Press.*

- Zito, P., G. Amato, S. Amoroso and M. Berrittella (2011). The effect of Advanced Traveller Information Systems on public transport demand and its uncertainty. *Transportmetrica 7(1):* 31-43.

-Berkson, J. (1944). Application of the logistic function to bio-assay. *Journal of the American Statistical Association 39(227):* 357-365.

- Brakewood, C., G. S. Macfarlane and K. Watkins (2015). The impact of real-time information on bus ridership in New York City. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies 53:* 59-75.

- Chowdhury, S. and A. A. Ceder (2016). Users' willingness to ride an integrated public-transport service: *A literature review. Transport Policy 48:* 183-195.

- de Dios Ortuzar, W. L. (2012). Modeling Transport, (de Dios Ortuzar, J. and Willumsen, LG; 2011 [Book Review]. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine 4(1)*: 40-41.

- El□Geneidy, A. M., J. Horning and K. J. Krizek (2011). Analyzing transit service reliability using detailed data from automatic vehicular locator systems. *Journal of Advanced Transportation 45(1):* 66-79.

- Ge, Y., P. Jabbari, D. MacKenzie and J. Tao (2017). Effects of a public real-time multi-modal transportation information display on travel behavior and attitudes. *Journal of Public Transportation 20(2):* 3-4.

- Hickman, M. D. and N. H. Wilson (1995). Passenger travel time and path choice implications of real-time transit information. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies 3(4):* 211-226.

-Jeong, R. and L. R. Rilett (2005). Prediction model of bus arrival time for real-time applications. *Transportation Research Record 1927(1):* 195-204.

- Khattak, A., A. Polydoropoulou and M. Ben-Akiva (1996). Modeling revealed and stated pretrip travel response to advanced traveler information systems. *Transportation Research Record 1537(1):* 46-54.

-Lai, W. T. and C.-F. Chen (2011). Behavioral intentions of public transit passengers−The roles of service quality, perceived value, *Satisfaction and Involvement.Transport Policy 18(2):* 318-325.

Providing the Behavioral Model of Passengers in Advanced Public Transit Passengers Information Systems

Gholamali Behzadi, Assistant Professor, Shomal University, Amol, Iran.
Reza Behzad, Ph.D., Student, Shomal University, Amol, Iran.
Roghayeh Jamshidi Shahmiri, Ph.D., Student, Shomal University, Amol, Iran.

E-mail: ga.behzadi@yahoo.com

Received: June 2024- Accepted: September 2024

ABSTRACT
The increase in the population of cities along with the expansion of urban areas has led to the tendency of people to use private cars to achieve their destinations. This increase in demand for private cars has caused problems, one of these problems has been the increase in urban and rural traffic. Public transit is one of the best ways to reduce traffic, but with the growing population, public transit is also involved in traffic and lack of fast access, but for various reasons, including lack of proper information, the tendency of passengers to use public transit continues to increase significantly, has not found. Managing traffic congestion is a major problem worldwide, the intelligent transportation system is the solution to this problem using new technology used in many developed countries. Advanced traveler information systems are one of the indicators of intelligent transportation that reduces waiting time, improves the level of public transit services and makes better and more informed decisions about travel modes, planning routes and travel time. In this study, in addition to evaluating the impact of this system on people's use of public transit, variables and data affecting the selection of people are identified and their use is prioritized. In order to achieve the objectives of the research, first the influential factors were identified and then questionnaires were designed by expressing preferences and distributed and completed in Sari. The binary logit model was used to determine the behavioral model in advanced traveler information systems. The results of the model showed that factors such as knowing when the bus arrives at the station, waiting time for the bus, knowing the empty seats of the bus are more utility for people.

Keywords: Public Transportation, Advanced Traveler Information, Managing Traffic, Discete Choice Model, the Logit Model