

## ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی از دید استفاده‌کننده و گرداننده در شهر اصفهان

### مقاله علمی - پژوهشی

شهریار افندی زاده\*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
مهشید محیط، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران  
حمید بیگدلی‌راد، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

صفحه ۴۲-۱۹

### چکیده

شهر اصفهان در دهه‌های اخیر درگیر مشکلات ترافیکی در حمل‌ونقل درون شهری است. با مطالعه دقیق سیستم اتوبوسرانی این شهر به عنوان یکی از کاراترین وسایل حمل‌ونقل عمومی می‌توان به بهبود عملکرد این سامانه کمک نموده و علاوه بر حل مشکلات حمل‌ونقل، زمینه رضایت شهروندان را فراهم نمود. نوشتار حاضر با توجه به جایگاه ویژه توسعه حمل‌ونقل عمومی، به ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی در شهر اصفهان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پرداخته است؛ از این رو با مرور پیشینه تحقیق، معیارهای تأثیرگذار در ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی مشخص و فهرستی از معیارها و زیرمعیارهای مؤثر شناسایی گردید. هدف مطالعه ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی اصفهان از دو دیدگاه استفاده‌کننده و گرداننده است؛ به همین جهت ارزیابی کارایی طی دو فرایند جداگانه انجام گرفته است. داده‌های جمع‌آوری شده پیرامون معیارها وارد نرم‌افزار Expert Choice شده و وزن نهایی هر یک از معیارها مشخص گردیده که طبق آن از بین ۷ معیار ارزیابی کارایی از دید کاربر، زمان انتظار مسافر با ۰/۳۰۹ بیشترین و رفتارراننده با ۰/۰۳۶ کمترین اهمیت را نسبت به سایر معیارها در کارایی خطوط ایفا می‌کنند. همچنین از بین ۳ معیار ارزیابی کارایی از دید گرداننده، معیار اقتصادی با ۰/۶۸۳ بیشترین و معیار اثربخشی با ۰/۱۱۷ کمترین اهمیت را نسبت به سایر معیارها در کارایی خطوط ایفا می‌کنند. در نهایت از دید کاربر، خط ۳۴ با ۰/۲۰۳ امتیاز بیشترین کارایی و خط ۳۱ با ۰/۱۰۹ امتیاز خط پایین‌ترین کارایی و از دید گردانندگان، خط ۱ با ۰/۲۶۳ امتیاز بیشترین کارایی و خط ۲۰ با ۰/۰۷۴ امتیاز پایین‌ترین کارایی را داراست.

واژه‌های کلیدی: رضایت شهروندان، سیستم حمل و نقل عمومی، نرم‌افزار Expert Choice، کارایی سیستم اتوبوسرانی

### ۱- مقدمه

(et al., 2023). با استفاده از این رویکرد می‌توان کارایی داخلی واحد (کارایی خصوصی) و کارایی خارجی (کارایی اجتماعی) آن را تفکیک نمود. کارایی داخلی به بهینه بودن اقدامات واحد با فرض محدودیت‌های نهادی وارده بر واحد مربوط می‌شود. کارایی خارجی به بهینه بودن اثرات فعالیت‌های واحد در اقتصاد مربوط می‌شود (Zargari and Rad, 2023; Ameri et al., 2021).

کارایی یکی از مهمترین شاخص‌های ارزیابی عملکرد بهینه واحدهای اقتصادی است. هر چند تعاریف متعددی از کارایی ارائه می‌شود؛ اما وجه اشتراک آنها این است که واحدی کاراست که از ترکیب داده‌های معین، بیشترین ستانده را به دست آورد (Afandizadeh and Bigdeli Rad, 2021). اگر اثرات منفی فعالیت‌های واحد نیز به صورت ستانده منفی در نظر گرفته شود، تعاریف متفاوت کارایی شبیه یکدیگر می‌شوند (Afandizadeh

## ارزیابی کارایی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی

امروزه به دلیل پیچیدگی‌های فزاینده محیطی، محدودیت منابع و رشد سریع هزینه‌ها موضوع افزایش کارایی و بهره‌وری مؤسسات، کانون توجه مدیران قرار گرفته و ضرورت کاربرد اصول علمی و مدیریتی را در این بخش توجیه می‌کند (Afandizadeh Zargari et al., 2019). یکی از مهم‌ترین این اصول، اندازه‌گیری کارایی است. ارزیابی عملکرد و متعاقب آن رتبه‌بندی واحدهای سازمانی به روش سنتی با استفاده از نسبت‌های مالی و شاخص‌های مالی رایج صورت می‌پذیرد که این امر مسئله ارزیابی عملکرد را به چالش واداشته است (Abdi et al., 2020; Hajisoleimani et al., 2021). برای اندازه‌گیری کارایی شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی سه روش اصلی وجود دارد: تحلیل مرزی تصادفی (SFA)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA).

SFA و DEA فقط بر روی اندازه‌گیری کارایی تولید مرتبط با نظریه اقتصادی تمرکز می‌کنند؛ درحالی‌که حوزه‌های کاربردی AHP شامل مسائل مربوط به نوع عملکرد، خط‌مشی عمومی، استراتژی و برنامه‌ریزی است. AHP تصمیم‌گیرندگان را برای مقابله با مشکلات پیچیده شامل معیارهای ذهنی و تعارض‌های متعدد قادر می‌سازد. به عنوان نمونه، ذینفعان حمل‌ونقل عمومی به اثرات مستقیم و خارجی علاقه‌مند هستند و AHP مزایای اقتصادی، کیفیت، کارایی خدمات حمل‌ونقل عمومی، زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی و سطح توسعه پایدار را پوشش می‌دهد. مدل AHP می‌تواند به دولت‌ها در نظارت و بهبود عملکرد شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی به روشی کارآمدتر کمک کند (Lin et al., 2021).

## ۱-۲- شاخص‌های اثرگذار بر ارزیابی عملکرد

### حمل‌ونقل عمومی

نوسل و سولکا (۲۰۱۴)، در مطالعه‌ای به ارزیابی انواع سیستم‌های یکپارچه حمل‌ونقل عمومی شهری با کمک روش تصمیم‌گیری چند معیاره و با استفاده از روش AHP پرداخته‌اند. معیارهای ارزیابی در این مطالعه شامل زمان سفر، استاندارد سفر، سازگاری با محیط‌زیست، سطح ادغام شهری عمومی سیستم حمل‌ونقل، قابلیت اطمینان حمل‌ونقل عمومی شهری، ایمنی سفرها، سودآوری شهری، در دسترس بودن شهری و هزینه سرمایه‌گذاری معرفی شده است. (Nosai and Solecka, )

2014). وایدیا (۲۰۱۴)، در مطالعه‌ای با عنوان «ارزیابی عملکرد عمومی سیستم‌های حمل‌ونقل شهری در هند» به ارزیابی عملکرد نسبی ۲۶ سازمان حمل‌ونقل عمومی شهری در هند با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌است. معیارهای ارزیابی در این مطالعه، تعداد تصادفات، تعداد تصادفات مرگبار، میانگین ناوگان انبار شده، قدرت کارکنان، درآمد کل، درآمد کسب شده در هر کیلومتر طی شده، درآمد هر اتوبوس، هزینه کل، هزینه عملیاتی اتوبوس، هزینه هر واحد مسافت طی شده، هزینه کارکنان، میانگین ناوگان مورد استفاده، بهره‌وری کارکنان، بهره‌وری ناوگان، بهره‌وری سوخت، کیلومترهای مسافری پیشنهادی، تعداد مسافران حمل شده، کیلومترهای مسافری طی شده معرفی شده‌اند. (Vaidya, 2014). اوزیر (۲۰۲۱)، در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل استراتژیک کیفیت خدمات حمل‌ونقل با استفاده از روش AHP فازی» به ارزیابی رضایت مشتریان خدمات حمل‌ونقل عمومی شهر پالمو (ایتالیا) پرداخته است. معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی در این مطالعه، مشخصات مسیر (مسیر، تعداد ایستگاه‌های اتوبوس، فاصله ایستگاه‌های اتوبوس، محل ایستگاه‌های اتوبوس)، ویژگی‌های خدمات (فرکانس خدمات، زمان سرویس‌دهی روزانه)، قابلیت اطمینان (قابلیت اطمینان برنامه‌ریزی شده، وقت‌شناسی)، اطلاعات (در دسترس بودن نقشه در اتوبوس، در دسترس بودن برنامه در ایستگاه‌های اتوبوس، در دسترس بودن اطلاعات از طریق تلفن-اینترنت)، پرسنل (ظاهر پرسنل، کمک‌رسانی پرسنل)، خدمات مشتریان (سهولت در خرید بلیط، اداره شکایات)، راحتی (شلوغی اتوبوس، راحتی صندلی‌های اتوبوس، تهویه هوا در اتوبوس، سطح ارتعاش در اتوبوس، در دسترس بودن پناهگاه و سواحل در ایستگاه‌های اتوبوس)، ایمنی و امنیت (قابلیت اطمینان اتوبوس، صلاحیت رانندگان، امنیت در برابر جرم و جنایت در اتوبوس، امنیت در برابر جرم در ایستگاه اتوبوس) و تمیزی (نظافت داخل اتوبوس و صندلی‌ها و پنجره‌ها، تمیزی نمای بیرونی اتوبوس) معرفی شده است. (Uzir et al., 2021). هولمگرن (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای به ارزیابی کارایی حمل‌ونقل عمومی در ۲۶ شهرستان سوئد پرداخته است. معیارهای ارزیابی در این مطالعه، هزینه به ازای هر مسافر، هزینه، تعداد سفر به ازای هر شخص و یارانه تعیین شده است (Holmgren, 2013). ابولی (۲۰۲۱)، در مطالعه‌ی خود روشی برای اندازه‌گیری کیفیت خدمات حمل‌ونقل مبتنی بر

اتوبوس، ازدحام بیش از حد، نظافت، هزینه، اطلاعات، امنیت شخصی، تبلیغات، پرسنل، شکایات، حفاظت از محیط زیست، تعمیر و نگهداری ایستگاه اتوبوس بیان کنند. (Quddus et al., 2019). ژانگ و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای به ارزیابی کارایی خدمات اتوبوس پرداخته‌اند. معیارهای ورودی ارائه‌دهندگان خدمات عبارتند از: سرفاصله زمانی، هزینه، مدت زمان ارائه خدمات، تعداد اولویت خطوط، تعداد تقاطع‌ها و معیارهای خروجی این گره عبارتند از: میانگین زمان سفر، قابلیت اطمینان برنامه. معیارهای ورودی کاربران عبارتند از: ضریب دسترسی، ضریب اتصال، تراکم جمعیت، ضریب در دسترس بودن فضای پارکینگ، ضریب استاندارد راحتی، ضریب زیرساخت. معیارهای خروجی دیدگاه‌های اجتماعی عبارتند از: تعداد تصادفات، آلودگی صوتی و منابع تخریب شده. (Zhong et al., 2020). در جدول (۱) خلاصه‌ای از مطالعات پیشین گزارش شده است.

استفاده از ادراک مسافران و معیارهای عملکرد آژانس حمل و نقل ارائه کرده است که شامل جنبه‌های اصلی مشخص‌کننده یک سیستم حمل و نقل است. این چارچوب براساس ۲۲ شاخص و تحت شش معیار شامل قابلیت اطمینان، ایمنی سیستم، تمیزی، راحتی مسافر و اطلاعات، تعیین شده است. وزن‌دهی شاخص‌ها از طریق تجزیه و تحلیل پارامترهای کمی و کیفی و داده‌های جمع‌آوری شده از پرسشنامه‌های مسافران به دست آمده است (Eboli et al., 2021). قدوس (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ای رابطه بین رضایت مشتری جهانی و ویژگی‌های کیفیت خدمات را براساس نیازها و انتظارات بیان شده توسط مشتریان خدمات حمل و نقل عمومی بررسی کرده‌اند. برای ارزیابی کیفیت خدمات اتوبوس در ایتالیا، طی پرسشنامه‌ای از دانشجویان دانشگاه کالابریا خواسته شده، میزان اهمیت و رضایت خود را در مورد ۱۶ ویژگی خدمات از جمله در دسترس بودن ایستگاه اتوبوس، مشخصات مسیر، تعداد وسایل نقلیه، قابلیت اطمینان، مبلمان ایستگاه

جدول ۱. خلاصه‌ای از مطالعات پیشین

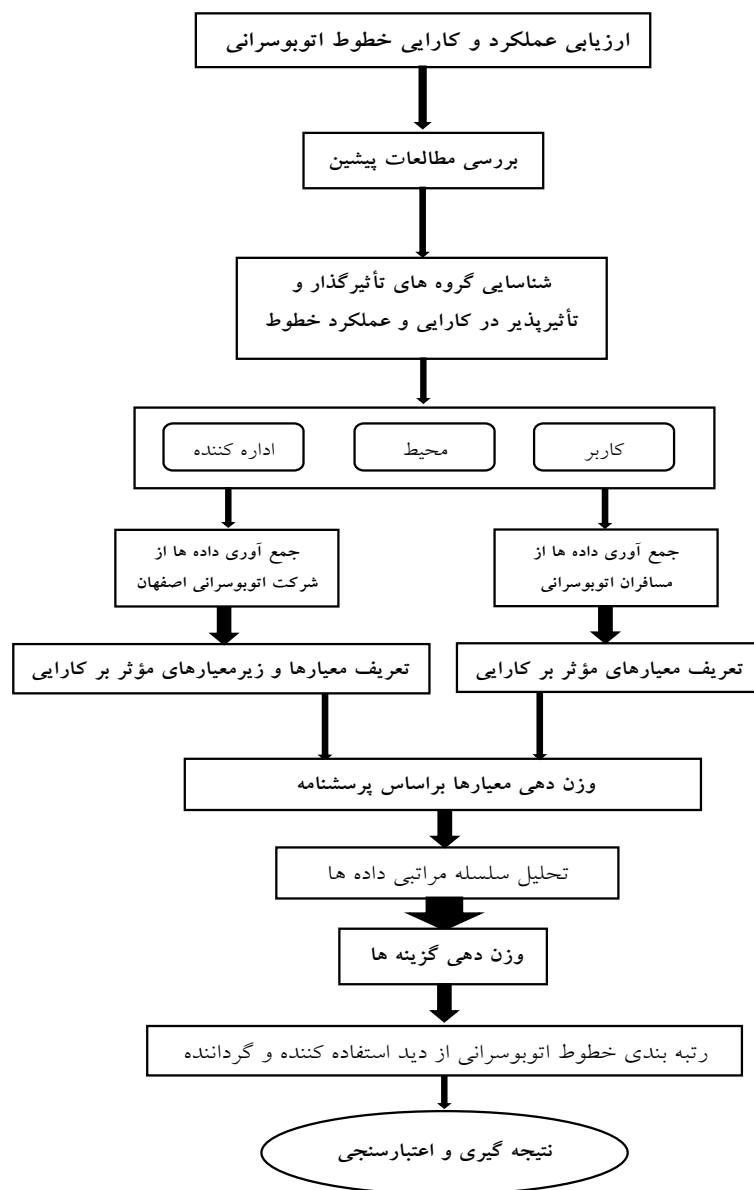
ردیف	عنوان تحقیق	نام محقق	زمان تحقیق	نتیجه تحقیق	معیارهای تحقیق
۱	ارزیابی عملکرد شبکه‌های حمل و نقل عمومی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی	لین و همکاران	۲۰۲۱	ارزیابی و رتبه‌بندی حمل و نقل عمومی در ۳ شهر استرالیا بر مبنای مدل AHP	- سطح سود اقتصادی - کیفیت و کارایی خدمات - سطح زیربنای اساسی - سطح توسعه پایدار
۲	مدل ارزیابی طرح بهینه‌سازی مسیرهای اتوبوس براساس داده‌های اتوبوس چند منبعی	شی و همکاران	۲۰۲۱	ارزیابی طرح بهینه‌سازی اتوبوس در سطح مسیر، ایستگاه و زمان‌بندی بر مبنای مدل AHP در پکن	عملکرد اتوبوس، جریان مسافر و سطح خدمات
۳	مدیریت سیستم‌های حمل و نقل عمومی شهری پایدار	رورو و همکاران	۲۰۲۱	ارزیابی حمل و نقل جاده‌ای عمومی شهری مادرید بر مبنای مدل AHP با توجه به فناوری موتور جایگزین و احتراق	- معیار اقتصادی شامل هزینه استهلاک، هزینه‌کشتش، هزینه نگهداری و هزینه عملیاتی - معیار زیست‌محیطی
۴	تجزیه و تحلیل و استقرار اتوبوس ترانزیت سریع السیر بر رضایت مشتریان شهر تهران	محمودی و همکاران	۲۰۱۰	بررسی عملکرد اتوبوس سریع السیر تهران در رضایت مسافران	خدمات، سرعت اتوبوس، ارگونومی و رفتار راننده
۵	بهینه‌سازی عملکرد حمل و نقل عمومی با استفاده از روش پیکارچه AHP-GP	کریل و همکاران	۲۰۱۹	ارزیابی کارایی شرکت‌های حمل و نقل جاده‌ای ایالتی در هند بر مبنای مدل AHP از دید اپراتور و کاربر	- معیار اپراتور شامل هزینه‌های عملیاتی، نسبت کارکنان به اتوبوس، ضریب بار، درصد کیلومتر لغوشده و درصد استفاده از ناوگان - معیار کاربر شامل ایمنی، دسترسی، قابلیت اطمینان و سرعت

۶	ترکیب مفهوم واحد عملکردی و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای ارزیابی عملکرد گزینه‌های حمل‌ونقل عمومی	پدرسو و همکاران	۲۰۱۸	ارزیابی عملکرد عملیاتی و ترانزیتی سه مدل حمل‌ونقل شامل اتوبوس سریع، حمل‌ونقل ریلی سبک و مونوریل بر مبنای مدل AHP در شهر سائوپائولو برزیل	هزینه سیستم، اقتصاد و امکان سنجی مالی، بهره‌وری انرژی، کیفیت خدمات و اثرات زیست محیطی
۷	توسعه پایدار حمل‌ونقل شهری با مشارکت ذینفعان	دولبا و مسلم	۲۰۱۸	ارائه مدلی جدید از تصمیم‌گیری توسعه حمل‌ونقل عمومی با در نظر گرفتن ترجیحات گروه‌های ذینفع شامل مسافران، مسافران بالقوه و دولت محلی بر مبنای مدل AHP اصلاح شده با رتبه‌بندی کندال	- معیار قابلیت جابه‌جایی شامل تزیینی و دسترسی به اطلاعات - معیار کیفیت خدمات شامل قابلیت اطمینان، سرعت، دسترسی و زمان سفر - معیار کیفیت حمل‌ونقل شامل راحتی، آسایش و ایمنی
۸	تبیین و ارزیابی معیارهای آسایش و آرامش در حمل‌ونقل همگانی درون شهری	تیوان و همکاران	۲۰۲۲	تبیین مفاهیم آسایش و آرامش در سفرهای درون شهری	امکانات معلولین، اطلاع‌رسانی، سرویس‌دهی زمانی، نظافت ایستگاه و اتوبوس، امکانات ایستگاه، وسایل سرمایشی و گرمایشی، رفتار راننده، زیبایی محیط، هزینه سفر، زمان سفر، ایمنی و دسترسی
۹	سنجش رضایتمندی شهروندان با استفاده از روش تجزیه و تحلیل چندمعیاره رضایت	هایدوک	۲۰۲۱	ارزیابی میزان رضایت مسافران از خطوط ویژه اتوبوس شهر شیراز بر مبنای مدل تجزیه و تحلیل چندمعیاره رضایت	ظاهر و امکانات رفاهی، قابلیت اطمینان، دسترسی، مدیریت، امنیت و ایمنی
۱۰	یک مدل ارزیابی مسیر اتوبوس براساس GIS و تحلیل پوششی داده‌ای فوق کارآمد	سان و همکاران	۲۰۱۶	ارزیابی کارایی ۱۸ خط اتوبوس شهر شنزن چین بر مبنای ترکیب روش‌های DEA و AHP	- معیار عملیاتی شامل میزان توقف، سرعت - معیار خدمات شامل میزان تأخیر - معیار برنامه‌ریزی شامل پوشش تقاضای سفر
۱۱	فرایند تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر سیستم پشتیبانی تصمیم برای تقاطع‌های شهری در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل	مورات و همکاران	۲۰۱۵	انتخاب نوع طراحی تقاطع مناسب برای یک تقاطع واقعی در دنیلی ترکیه بر مبنای مدل AHP	ظرفیت تقاطع، ایمنی، اقتصاد، مصرف سوخت، هزینه، نرخ انتشار و تأخیر
۱۲	کاربرد روش AHP برای ارزیابی چند معیاره انواع ادغام حمل‌ونقل عمومی شهری	نوسل و لوسکا	۲۰۱۴	ارزیابی انواع سیستم‌های یکپارچه حمل‌ونقل شهری با استفاده از روش AHP	زمان سفر، استاندارد سفر، سازگاری با محیط زیست، قابلیت اطمینان، ایمنی، سودآوری، دردسترس بودن و هزینه سرمایه‌گذاری
۱۳	ارزیابی عملکرد عمومی سیستم‌های حمل‌ونقل شهری در هند	وایدیا	۲۰۱۴	ارزیابی عملکرد ۲۶ سازمان حمل‌ونقل عمومی شهری در هند با استفاده از روش AHP و DEA	تعداد تصادف، ناوگان انبارشده، قدرت کارکنان، درآمد کل، هزینه کل، درآمد هر ناوگان، هزینه عملیاتی، هزینه کارکنان، بهره‌وری کارکنان، بهره‌وری ناوگان، بهره‌وری سوخت، تعداد مسافران و کیلومتر طی شده

## ۲- روش شناسی تحقیق

گرداننده، تعدادی معیار و زیرمعیار انتخاب شده و براساس مطالعات پیشین، معیارهای مدنظر وزن‌دهی شده‌اند. مقدار زیر معیارها با استفاده از اطلاعات اخذ شده از شرکت اتوبوسانی اصفهان و مصاحبه با کارکنان و رانندگان خطوط، برای هر یک از خطوط محاسبه شده و در نهایت با بهره‌گیری از نرم‌افزار، خطوط رتبه‌بندی شده‌اند.

روش تحقیق، با عنایت به معیارهای بررسی شده توسط محققان در پیشینه پژوهش، برای ارزیابی از دید کاربران تعدادی معیار انتخاب شده و از طریق مصاحبه با جامعه آماری مطالعه، معیارهای مدنظر وزن‌دهی شده‌اند سپس با استفاده از پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط جامعه آماری، خطوط منتخب اتوبوسرانی با بهره‌گیری از نرم‌افزار Expert Choice براساس معیارها وزن‌دهی و رتبه‌بندی شده‌اند. برای ارزیابی از دید



شکل ۱. فلوجارت روش تحقیق

## ۱-۲- ارزیابی عملکرد خطوط از دید کاربر

در این پژوهش، تأثیر شاخص‌های جدول ۲ به عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر کارایی خطوط اتوبوسرانی از دید کاربر در شهر اصفهان بررسی شده است.

جدول ۲. شاخص‌های مؤثر بر کارایی از دید کاربر

تعریف	شاخص	
راحتی صندلی، پاکیزگی داخلی، نورپردازی و سرگرمی	Comfort and Convenience	آسایش و راحتی
رفتار، اخلاق و نحوه برخورد کارکنان	Driver Behavior	رفتار راننده
میزان ازدحام جمعیت داخل اتوبوس	Fleet Dencity	تراکم ناوگان
میزان اطمینان از برنامه‌ریزی جهت رسیدن به مقصد	Reliability	قابلیت اطمینان
میزان زمان انتظار در ایستگاه	Passenger Waiting Time	زمان انتظار مسافر
مدت زمان طی مسیر	Travel Time	زمان سفر داخل ناوگان
کیفیت داخلی اتوبوس، وضعیت بهداشت، نظافت و تمیزی اتوبوس، تسهیلات معلولان	Fleet quality	کیفیت ناوگان

## ۲-۲- ارزیابی عملکرد خطوط از دید گرداننده

در این پژوهش، تأثیر شاخص‌های زیر به عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر کارایی خطوط اتوبوسرانی از دید گرداننده در شهر اصفهان بررسی شده است.

جدول ۳. شاخص‌های مؤثر بر کارایی از دید گرداننده

تعریف	شاخص	
درآمد بر هزینه	نرخ بهره‌وری	اقتصادی
درآمد بر تعداد کل ناوگان	بازدهی ناوگان	
تعداد مسافر بر طول مسیر	تراکم ناوگان	راندمان
تعداد کل ناوگان بر سن ناوگان	نرخ سن	اثربخشی
طول مسیر بر تعداد کل ایستگاه‌ها	تراکم ایستگاه‌ها	
تعداد مسافر بر تعداد کل ایستگاه‌ها	نرخ بهره‌برداری	
طول مسیر بر زمان طی مسیر	سرعت عملیاتی	

## ۲-۲-۱- محاسبه زیرمعیارهای مؤثر بر کارایی از دید گرداننده

### (۱) نرخ بهره‌وری (A)

$$A = \frac{\sum i}{\sum c} \quad (1)$$

در این رابطه، A نرخ بهره‌وری هر خط،  $\sum i$  مجموع درآمد ماهیانه هر خط و  $\sum c$  مجموع هزینه ماهیانه هر خط است. مجموع درآمد ماهیانه هر خط از حاصلضرب متوسط تراکنش ماهیانه خط در کرایه خط به دست می‌آید. مجموع هزینه ماهیانه هر خط از حاصلضرب تعداد ناوگان فعال خط در هزینه ماهیانه هر اتوبوس به دست می‌آید.

### (۲) بازدهی ناوگان (B)

$$B = \frac{\sum i}{\sum n} \quad (2)$$

در این رابطه، B بازدهی ناوگان هر خط،  $\sum i$  مجموع درآمد ماهیانه هر خط و  $\sum n$  تعداد کل ناوگان هر خط است. مجموع درآمد ماهیانه هر خط از حاصلضرب متوسط تراکنش ماهیانه خط در کرایه خط به دست می‌آید.

اقتشار جامعه (شاغلان، دانش‌آموزان، کاسبان، زنان خانه‌دار و دانشجویان) از علل انتخاب این خطوط هستند.

### ۳) تراکم ناوگان (C)

$$C = \frac{\sum p}{\sum l} \quad (3)$$

در این رابطه، C تراکم ناوگان هر خط،  $\sum p$  تعداد مسافر هر خط و  $\sum l$  طول مسیر هر خط است. طول مسیر هر خط براساس میانگین طول مسیر رفت و برگشت هر خط به دست می‌آید.

### ۴) نرخ سن (D)

$$D = \frac{\sum n}{\sum a} \quad (4)$$

در این رابطه، D نرخ سن هر خط،  $\sum n$  تعداد کل ناوگان هر خط و  $\sum a$  سن ناوگان هر خط است.

### ۵) تراکم ایستگاه‌ها (E)

$$E = \frac{\sum l}{\sum s} \quad (5)$$

در این رابطه، E تراکم ایستگاه‌های هر خط،  $\sum l$  طول مسیر هر خط و  $\sum s$  تعداد کل ایستگاه‌های هر خط است.

### ۶) نرخ بهره‌برداری (F)

$$F = \frac{\sum p}{\sum s} \quad (6)$$

در این رابطه، F نرخ بهره‌برداری هر خط،  $\sum p$  تعداد مسافر هر خط و  $\sum s$  تعداد کل ایستگاه‌های هر خط است.

### ۷) سرعت عملیاتی (G)

$$G = \frac{\sum l}{\sum t} \quad (7)$$

در این رابطه، G سرعت عملیاتی هر خط،  $\sum l$  طول مسیر هر خط و  $\sum t$  زمان طی مسیر هر خط است. سیستم اتوبوسرانی شهر اصفهان و شبکه آن دارای ۹۵ خط اتوبوس محلی و ۳ خط اتوبوس تندرو فعال می‌باشد؛ اما از آنجا که امکان بررسی کارایی و عملکرد همه خطوط در این مطالعه نمی‌باشد، لذا با توجه به نظر کارشناسان و متخصصین، ۷ خط از میان خطوط اتوبوس محلی به عنوان نمونه انتخاب شد که در جدول ۴ شماره و مسیر هر خط بیان شده است. بالابودن متوسط تراکنش این خطوط نسبت به سایرین، تراکم جمعیت بالا، برابری تعرفه، فراهم‌سازی جابه‌جایی بین نقاط مهم شهری و پوشش طیف گسترده‌ای از

جدول ۴: خطوط منتخب اتوبوسرانی اصفهان

ردیف	شماره خط	مسیر خط
۱	۱	پل بزرگمهر - دارک
۲	۹	باغ گلدهسته - میدان جمهوری اسلامی
۳	۱۰	پایانه باقوشخانه - میدان ارتش
۴	۲۰	ملک شهر - پایانه باقوشخانه
۵	۲۸	پل شیری - پایانه خوراسگان
۶	۳۱	پایانه آبشار - پایانه کوی ولی عصر
۷	۳۴	پایانه صفه - پایانه مترو قدس

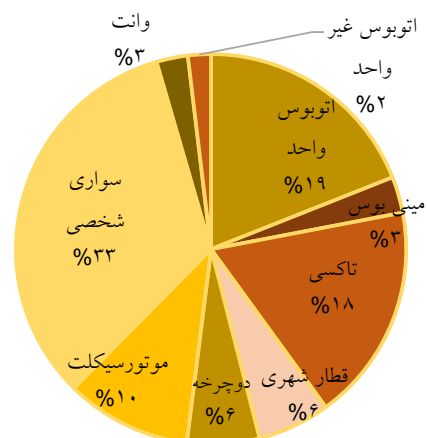
در ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی از دید گرداننده، بخشی از داده‌ها از بانک اطلاعاتی شرکت اتوبوسرانی اصفهان و بخش دیگر از طریق مشاهده و مصاحبه با استفاده‌کنندگان و گردانندگان نمونه آماری در آذر ماه ۱۴۰۰ استخراج شده است. داده‌های شرکت اتوبوسرانی مربوط به مهرماه ۱۴۰۰ می‌باشد؛ زیرا طبق ادعا این شرکت کامل‌ترین مجموعه داده‌های در دسترس مربوط به این بازه‌ی زمانی می‌باشد.

### ۳- منطقه مورد مطالعه

براساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵ جمعیت استان اصفهان برابر با ۵۱۲۰۸۵۰ نفر و متوسط رشد سالانه ۰/۹۷ درصد بوده است. نسبت جنسی مردان به زنان در سال فوق برابر ۱۰۳ نفر بوده است. در سرشماری ۱۳۹۵ تعداد ۱۶۰۷۴۸۲ خانوار در استان وجود داشته که از این تعداد حدود ۱۴۱۱۶۲۴ خانوار در نقاط شهری، ۱۹۵۷۰۱ خانوار در نقاط روستایی و ۱۵۷ خانوار غیرساکن، بوده‌اند. در سال ۱۳۹۵ از کل جمعیت استان، ۸۸ درصد در نقاط شهری و ۱۲ درصد در نقاط روستایی ساکن بوده‌اند.

### ۱-۳- شاخص‌های کمی مدهای حمل و نقل درون شهری در اصفهان

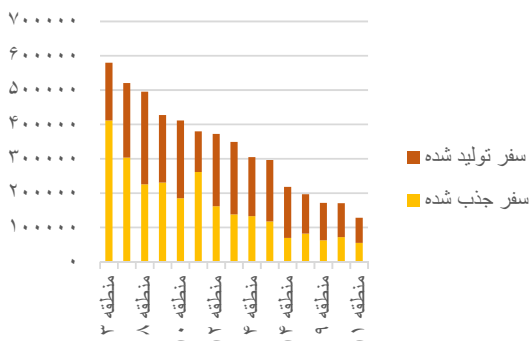
این اطلاعات در سال ۱۳۹۹ از اداره آمار و تحلیل اطلاعات شهرداری اصفهان دریافت و ارائه شده است.  
الف) سهم وسایل نقلیه در جابه‌جایی مسافر درون شهری



شکل ۲. سهم وسایل نقلیه در جابه‌جایی مسافر (درصد) در سال ۱۳۹۹

همانطورکه ملاحظه می‌شود سهم سواری شخصی از سفرهای شهری بیشتر از سایر وسایل است؛ این درحالی است که متوسط ضریب سرنشین خودروهای سواری شخصی ۱/۶ است و این مسئله حاکی از استفاده غیربهبینه از شبکه معابر شهر اصفهان می‌باشد.

### ب) تعداد سفرهای جذب شده و تولید شده در مناطق شهر اصفهان



شکل ۳. تعداد سفر در مناطق شهر اصفهان در سال ۱۳۹۸

با توجه به اینکه منطقه ۸ بیشترین جمعیت شهر اصفهان را در خود جای داده است؛ بالاترین تعداد سفرهای تولید شده مربوط به این منطقه است. این منطقه با بالاترین میزان تولید سفرهای کاری، تحصیلی، کار شخصی، تفریح و خرید در رتبه اول قرار دارد. منطقه ۳ به دلیل قرارگرفتن در هسته مرکزی شهر و قرارگرفتن عمده مراکز تجاری و اداری در این منطقه بیشترین تعداد سفرهای جذب شده را به خود اختصاص داده است.

### ج) سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای درون شهری

جدول ۵. سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای درون شهری

عملکرد	سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای شهری	سهم اتوبوس واحد	سهم تاکسی و ون	سهم اتوبوس غیر واحد و مینی بوس	سهم مترو
درصد عملکرد	۳۲٪/۱۶	۱۴٪/۱۵	۱۳٪/۸۰	۴٪/۲۰	۰٪/۰۱
عملکرد (نفر- سال)	۴۰۷,۵۴۸,۲۶۱	۱۷۹,۳۲۱,۱۳۷	۱۷۴,۸۵۹,۸۴۰	۵۳,۲۱۸,۲۴۰	۱۴۹,۰۰۴۴
درصد عملکرد	۲۸٪/۹۷	۱۱٪/۸۸	۱۲٪/۲۶	۴٪/۸۰	۰٪/۰۱
عملکرد (نفر- سال)	۹۲۱,۴۱۲,۳۹۰	۱۶۰,۲۹۷,۹۳۲	۱۶۵,۴۳۰,۰۸۰	۶۴,۷۶۸,۶۴۰	۴۲۴,۷۶۰
درصد عملکرد	۲۹٪/۳۲	۱۲٪/۰۰	۱۲٪/۲۶	۴٪/۸۰	۰٪/۲۶
عملکرد (نفر- سال)	۳۹۷,۹۹۲,۶۹۷	۱۶۲,۹۰۳,۷۶۱	۱۶۶,۳۹۱,۳۶۰	۶۵,۱۴۵,۲۸۰	۳,۵۵۲,۲۹۶
درصد عملکرد	۳۰٪/۱۳	۱۱٪/۹۷	۱۲٪/۲۶	۴٪/۲۰	۰٪/۰۱
عملکرد (نفر- سال)	۴۱۱,۳۳۵,۶۶۷	۱۶۰,۲۹۷,۹۳۲	۱۶۷,۳۸۰,۴۸۰	۶۵,۵۳۲,۴۸۰	۱۵۰,۰۲۲,۷۰۷
درصد عملکرد	۲۸٪/۳۳	۱۰٪/۰۳	۱۲٪/۲۶	۴٪/۸۰	۱٪/۲۳
عملکرد (نفر- سال)	۴۲۹,۲۴۵,۱۴۷	۱۵۲,۰۵۹,۴۴۰	۱۸۵,۷۸۹,۰۲۱	۷۲۷,۷۳۹,۵۸۴	۱۸,۶۵۷,۱۰۲

آموزشی بیشترین تعداد سفرهای تحصیلی را جذب می‌کند. بیشترین درصد سفرهای هیچ سر خانه به مناطق ۳، ۵، ۶ و ۱ اختصاص دارد که عمده مراکز تجاری و اداری شهر را شامل می‌شود.

### ۳-۲- وضعیت عملکردی اتوبوسرانی اصفهان

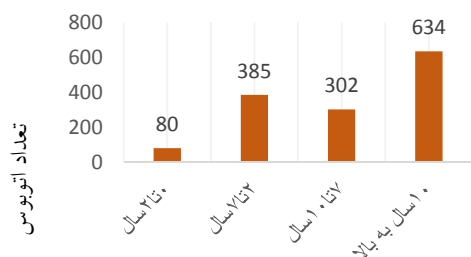
#### ۱) تعداد ناوگان اتوبوسرانی اصفهان

جدول ۶. تعداد ناوگان اتوبوسرانی اصفهان

سال ۱۳۹۹	واحد	شرح	تعداد ناوگان
۱۶۵۷	تعداد	کل ناوگان(فعال و غیر فعال)	
۱۴۰۱	تعداد	اتوبوس فعال	
۸۴۰	تعداد	اتوبوس فعال خطی	
۱۰۴	تعداد	اتوبوس گازسوز فعال	
۴۲۵	تعداد	اتوبوس فعال بخش خصوصی	
۰	تعداد	اتوبوس خریداری شده در سال ۱۳۹۹	
۷۹	تعداد	اتوبوس بازسازی شده	

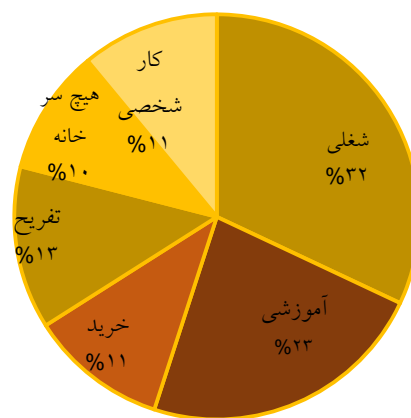
جدول ۷. عمر ناوگان اتوبوسرانی اصفهان

سال ۱۳۹۹	واحد	شرح
۶۷	درصد	فروسدگی ناوگان
۱۰/۴	سال	متوسط عمر ناوگان اتوبوس‌های فعال شهری
۲۷۳۷۸	تعداد	تعداد مراجعات به تعمیرگاه
۵۹	ساعت	متوسط زمان تعمیر



شکل ۵. عمر اتوبوس‌های موجود در شهر اصفهان

اصفهان شهری است که گردشگران زیادی دارد و روزانه بیش از ۴ میلیون سفر در آن انجام می‌شود. جاذبه‌های گردشگری عمدتاً در مرکز شهر هستند و بیش از ۳۰ درصد از سفرهای روزانه جذب مرکز شهر می‌شوند. با توجه به جدول بالا، درصد عملکرد حمل‌ونقل همگانی از سفرهای درون شهری طی سالهای ۹۴ تا ۹۸، ۳۲ درصد به ۲۸ درصد کاهش یافته است. همچنین درصد عملکرد اتوبوس واحد از ۱۴ درصد به ۱۰ درصد کاهش یافته است. با وجود شبکه گسترده خطوط اتوبوسرانی، آمار ارائه شده نشان از عدم استقبال کافی شهروندان از این وسیله حمل‌ونقل عمومی دارد. لازم به ذکر است که در سال ۹۹ به دلیل انواع اختلالات ناشی از شرایط بیماری کرونا، تغییرات مکرر طرح زوج و فرد، تعطیلی گروه‌های مختلف مشاغل، انواع طرح‌های منع تردد و ... مبنای قابل اطمینانی برای محاسبه سهم سفرها وجود نداشته است؛ بنابراین، برآورد سهم وسایل مختلف حمل‌ونقل در سفرهای شهری امکان‌پذیر نمی‌باشد. (د) سفرهای تولید شده به تفکیک هدف سفر در مناطق شهر اصفهان



شکل ۴. سفرهای روزانه تولید شده به تفکیک هدف سفر در مناطق شهر اصفهان در سال ۱۳۹۹

بیشترین تولید تعداد سفرهای شغلی مربوط به مناطق ۸، ۱۰ و ۱ می‌باشد؛ در حالی که مناطق ۳ و ۶ و ۵ و ۱ به ترتیب بیشترین تعداد سفرهای کاری را جذب می‌نمایند. از نظر سفرهای تحصیلی منطقه ۸ بیشترین تعداد سفرهای تحصیلی را تولید می‌کند که بیشترین جمعیت محصل و دانشجو نیز در این منطقه ساکن هستند؛ از طرفی منطقه ۵ با وجود مراکز دانشگاهی و

۳) خطوط ناوگان اتوبوسرانی اصفهان

۳-۳- ویژگی‌های فردی جامعه آماری مورد بررسی

۱) سن و جنس

در این مطالعه ۱۴۰ نفر از مسافران خطوط منتخب در مسیر حرکت و داخل اتوبوس از هر دو قسمت محل استقرار آقایان و خانم‌ها انتخاب و دیدگاه‌هایشان از طریق پرسشگری مستقیم گردآوری گردید. مطابق با آمار به دست آمده در این مطالعه ۴۲ درصد (۵۹ نفر) از مخاطبان را مردان و ۵۸ درصد (۸۱ نفر) از مخاطبان را زنان تشکیل داده‌اند که در گروه‌های مختلف سنی توزیع شده‌اند؛ به گونه‌ای که تقریباً از همه سنین (جوان، میان سال و پیر) در این نمونه جای دارند. از نظر سنی، پرسش شوندگان در ۵ گروه تقسیم شده‌اند که بیشتر آنها در گروه سنی کمتر از ۲۰ سال قرار دارند.

جدول ۸. خطوط اتوبوسرانی اصفهان

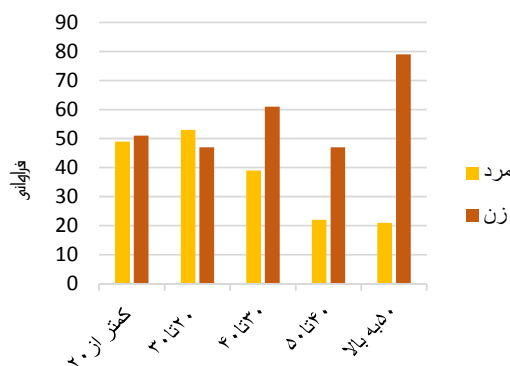
شرح	واحد	سال ۱۳۹۹
خطوط اتوبوسرانی	تعداد	۹۹
	طول مسیرهای شبکه اتوبوسرانی	۲۵۴۰ کیلومتر
	طول مسیرهای ویژه اتوبوس	۱۲ کیلومتر

جدول ۹. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس سن و جنس

عنوان	سن									
	کمتر از ۲۰		۲۰ تا ۳۰		۳۰ تا ۴۰		۴۰ تا ۵۰		۵۰ به بالا	
جنسیت	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
مرد	۱۹	۴۹	۱۸	۵۳	۱۲	۳۹	۷	۲۲	۳	۲۱
زن	۲۰	۵۱	۱۶	۴۷	۱۹	۶۱	۱۵	۴۷	۱۱	۷۹
مجموع	۳۹	۱۰۰	۳۴	۱۰۰	۳۱	۱۰۰	۳۲	۱۰۰	۱۴	۱۰۰

۲) شغل و جنس

براساس اطلاعات جدول زیر، بخش عمده استفاده‌کنندگان از اتوبوس‌های شهر اصفهان در هر دو گروه زنان و مردان را ابتدا کارمندان (۳۲ درصد) و سپس محصلان و دانشجویان (۳۱ درصد) شامل می‌شوند. آمار حاصل، بیانگر نقش مهم این خطوط در فراهم‌آوردن امکانات مناسب جابه‌جایی برای اقشار آسیب‌پذیر اجتماع، خصوصاً محصلین و دانشجویان است که یکی از اهداف مهم آن تأمین عدالت اجتماعی است. دسترسی مناسب به کاربری‌های اداری و آموزشی علت گرایش کارمندان و محصلان به این خطوط است.



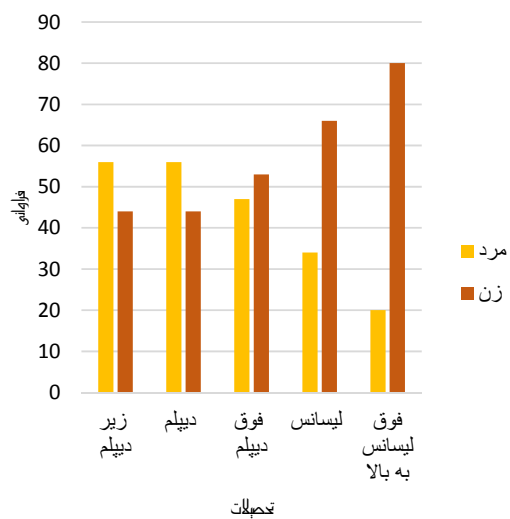
شکل ۶. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس سن و جنس

جدول ۱۰. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس شغل و جنس

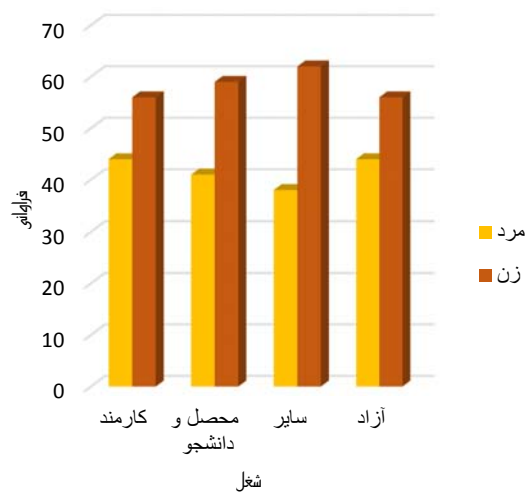
مجموع		شغل								عنوان	
		سایر		محصل و دانشجو		کارمند		آزاد			
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	جنسیت	
۴۲	۵۹	۳۸	۱۰	۴۱	۱۸	۴۴	۲۰	۴۴	۱۱		
۵۸	۸۱	۶۲	۱۶	۵۹	۲۶	۵۶	۲۵	۵۶	۱۴	زن	
۱۰۰	۱۴۰	۱۰۰	۲۶	۱۰۰	۴۴	۱۰۰	۴۵	۱۰۰	۲۵	مجموع	
۱۰۰		۱۹		۳۱		۳۲		۱۸		درصد از کل	

جدول ۱۱. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس تحصیلات و جنس

مجموع		تحصیلات										عنوان	
		فوق لیسانس به بالا		لیسانس		فوق دیپلم		دیپلم		زیر دیپلم			
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	جنسیت	
۴۲	۵۹	۲۰	۳	۳۴	۱۹	۴۷	۸	۵۶	۲۰	۵۶	۹		
۵۸	۸۱	۸۰	۱۲	۶۶	۳۷	۵۳	۹	۴۴	۱۶	۴۴	۷	زن	
۱۰۰	۱۴۰	۱۰۰	۱۵	۱۰۰	۵۶	۱۰۰	۱۷	۱۰۰	۳۶	۱۰۰	۱۶	مجموع	
۱۰۰		۱۱		۴۰		۱۲		۲۶		۱۱		درصد از کل	



شکل ۸. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس تحصیلات و جنس



شکل ۷. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس شغل و جنس

### ۳) تحصیلات و جنس

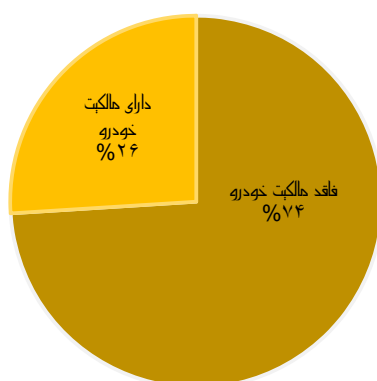
با توجه به جدول زیر، ۱۱ درصد از پاسخ‌دهندگان زیردیپلم، ۲۶ درصد دیپلم، ۱۲ درصد فوق دیپلم، ۴۰ درصد لیسانس و ۱۱ درصد فوق لیسانس و بالاتر هستند.

### ۴) زمینه مورد استفاده از اتوبوس

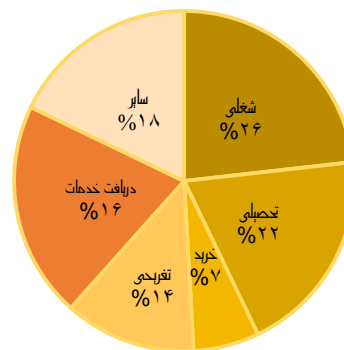
با توجه به جدول زیر، ۲۶ درصد از پاسخ‌دهندگان زمینه مورد استفاده خود از اتوبوس را شغلی، ۲۲ درصد تحصیلی، ۱۶ درصد دریافت خدمات، ۱۵ درصد سایر موارد (اداری، درمانی و...)، ۱۴ درصد تفریحی و ۷ درصد خرید ذکر کرده‌اند.

جدول ۱۲. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس زمینه مورد استفاده از اتوبوس

عنوان	زمینه مورد استفاده از اتوبوس						
	شغلی	تحصیلی	خرید	تفریحی	دریافت خدمات	سایر	مجموع
تعداد	۳۷	۳۱	۱۰	۱۹	۲۳	۲۰	۱۴۰
درصد	۲۶	۲۲	۷	۱۴	۱۶	۱۵	۱۰۰



شکل ۱۰. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس مالکیت خودرو



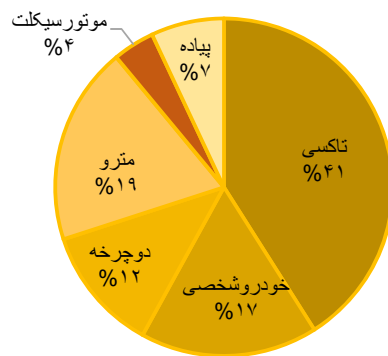
شکل ۹. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس زمینه مورد استفاده از اتوبوس

### ۵) مالکیت خودرو

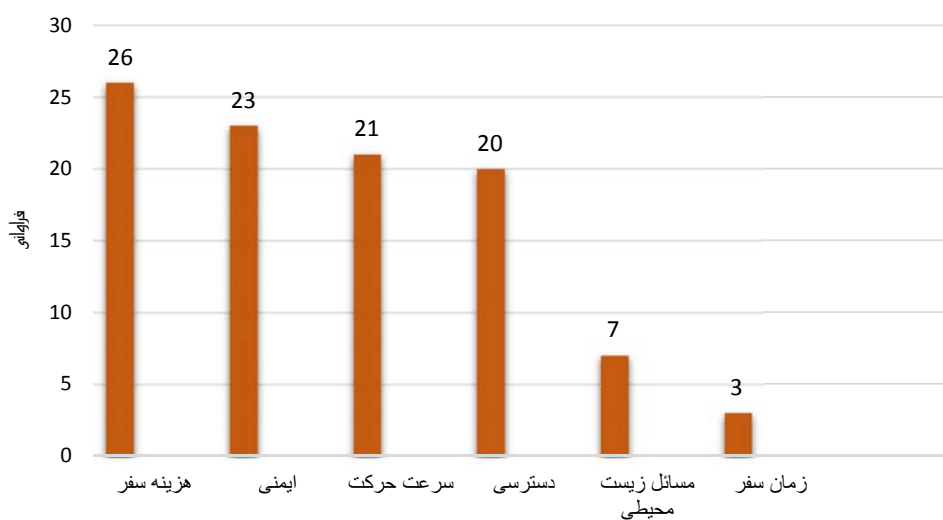
با توجه به شکل زیر، ۷۴ درصد از پاسخ‌دهندگان فاقد خودرو شخصی و ۲۶ درصد دارای خودرو شخصی هستند.

### ۶) وسیله نقلیه مورد استفاده در فقدان اتوبوس

با توجه به شکل زیر، پاسخ‌دهندگان در صورت فقدان اتوبوس به ترتیب از تاکسی، مترو، خودرو شخصی، دوچرخه، پیاده‌روی و موتورسیکلت استفاده می‌کنند.



شکل ۱۱. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس وسیله نقلیه مورد استفاده در فقدان اتوبوس



شکل ۱۲. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس علت استفاده از اتوبوس

#### ۷) علت استفاده از اتوبوس

با توجه به جدول زیر، پاسخ‌دهندگان علت استفاده خود از اتوبوس را به ترتیب اهمیت، هزینه سفر، ایمنی، سرعت حرکت، دسترسی، مسائل زیست محیطی و زمان سفر ذکر کرده‌اند.

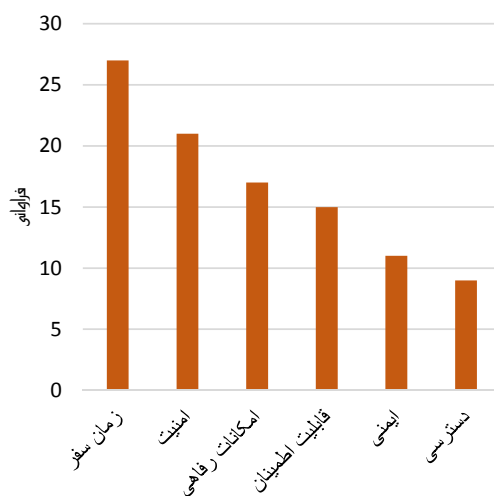
جدول ۱۳. توزیع پاسخ‌دهندگان براساس علت استفاده از اتوبوس

مجموع	علت استفاده از اتوبوس						عنوان
	مسائل زیست محیطی	زمان سفر	هزینه سفر	دسترسی	سرعت حرکت	ایمنی	
۱۴۰	۱۰	۵	۳۶	۲۸	۲۹	۳۲	تعداد
۱۰۰	۷	۳	۲۶	۲۰	۲۱	۲۳	درصد

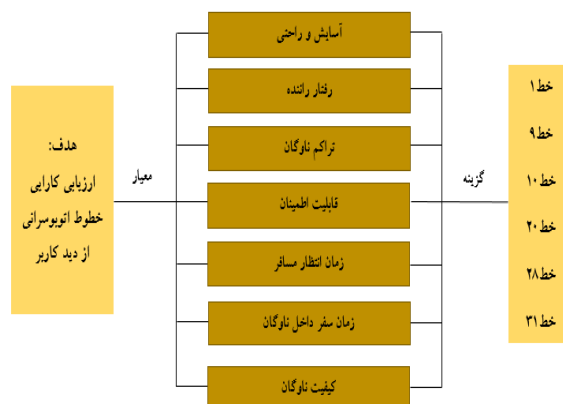
۸) مهم ترین مشکل استفاده از اتوبوس

جدول ۱۴. توزیع پاسخ دهندگان براساس مهم ترین مشکل استفاده از اتوبوس

مجموع	مهم ترین مشکل استفاده از اتوبوس						عنوان
	امکانات رفاهی	زمان سفر	قابلیت اطمینان	دسترسی	امنیت	ایمنی	
۱۴۰	۲۵	۳۸	۲۱	۱۲	۲۹	۱۵	تعداد
۱۰۰	۱۷	۲۷	۱۵	۹	۲۱	۱۱	درصد



شکل ۱۳. توزیع پاسخ دهندگان براساس مهم ترین مشکل استفاده از اتوبوس



شکل ۱۴. مدل مفهومی AHP از دید کاربر

نیز در نرم افزار ExpertChoice انجام شده است که در گام‌های زیر آورده شده است. در ادامه نتایج مقایسات زوجی و اوزان آورده شده است.

– مرحله اول: تعیین هدف

در اینجا هدف، تعیین و انتخاب کاراترین خط اتوبوس از میان خطوط انتخابی از دید کاربران است.

## ۴- نتایج

### ۴-۱- خروجی های مدل

الف) ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی از دید کاربر

تعداد خبرگان در این قسمت ۱۴۰ نفر می‌باشد. پس از تکمیل ماتریس مقایسات زوجی، شاخص‌ها وزن‌دهی و تعیین اهمیت می‌شوند و در انتها نیز خطوط رتبه‌بندی می‌شوند. کلیه محاسبات

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	1.4	1.2	1.1	1.1	1.2	1.6
		1.7	1.6	1.3	1.7	1.1
			1.1	1.4	1.0	2.0
				1.2	1.1	1.8
					1.3	1.5
						1.9
Incon: 0.00						

شکل ۱۷. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم افزار)

(۲) رفتار راننده

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	1.1	2.5	1.2	1.1	1.5	1.3
		2.2	1.1	1.1	1.3	1.2
			2.1	2.3	1.7	1.9
				1.1	1.2	1.1
					1.3	1.2
						1.1
Incon: 0.00						

شکل ۱۸. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم افزار)

(۳) تراکم ناوگان

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	3.2	1.1	3.0	1.6	1.8	2.0
		3.0	1.1	2.0	1.8	1.6
			2.8	1.5	1.7	1.9
				1.8	1.7	1.5
					1.1	1.2
						1.1
Incon: 0.00						

شکل ۱۹. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم افزار)

(۴) قابلیت اطمینان

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	1.7	1.3	2.2	1.7	1.3	2.0
		1.4	1.2	1.0	1.4	1.2
			1.7	1.4	1.0	1.6
				1.3	1.7	1.1
					1.4	1.2
						1.6
Incon: 0.00						

شکل ۲۰. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم افزار)

- مرحله دوم: مقایسات زوجی

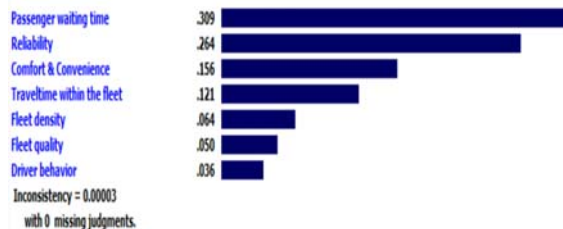
برای بدست آوردن وزن هر معیار از خبرگان و کارشناسان حمل و نقل نظرخواهی شده و وارد نرم افزار شده است که نتایج آن به شرح زیر است.

Comfort & Driver beh.	Fleet densi	Reliability	Passenger Traveltime	Fleet quali
4.4	2.4	1.7	2.0	1.3
	1.8	7.4	8.6	3.4
		4.1	4.8	1.9
			1.2	2.2
				2.5
				2.4
Incon: 0.00				

شکل ۱۵. مقایسات زوجی معیارها (خروجی نرم افزار)

- مرحله سوم: وزن نهایی

در نهایت وزن معیارها به شرح زیر است. بنابراین از دید کارشناسان حمل و نقل زمان انتظار مسافر، بیشترین و رفتار راننده کمترین اهمیت را در ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی ایفا می‌کند.



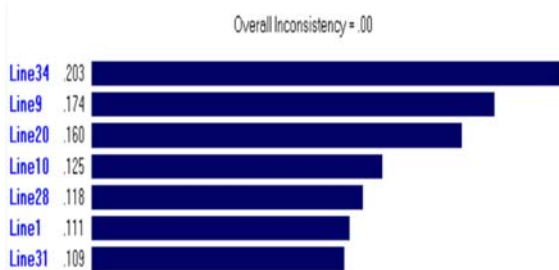
شکل ۱۶. وزن نهایی معیارها (خروجی نرم افزار)

- مرحله چهارم: سازگاری

نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۰۰۰۳ و کمتر از ۰/۱ می‌باشد و این مورد بیانگر آن است که سازگاری مقایسات قابل قبول است.

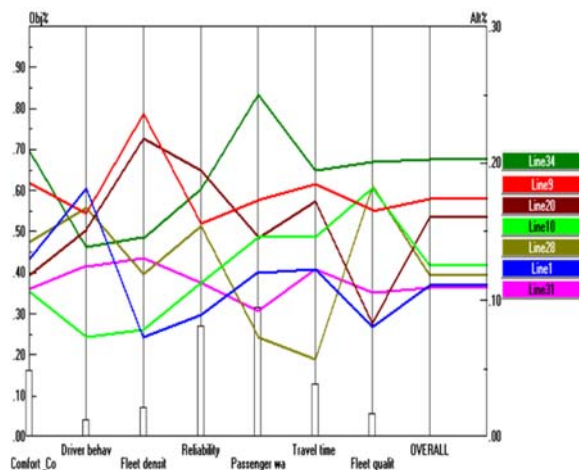
- مرحله پنجم: مقایسه گزینه‌ها برحسب معیارها

(۱) آسایش و راحتی



شکل ۲۴. رتبه‌بندی گزینه‌ها از دید کاربر (خروجی نرم‌افزار)

در نمودار زیر جزئیات نتایج و وضعیت خطوط اتوبوسرانی از منظر هر یک از معیارها قابل مشاهده است.



شکل ۲۵. رتبه‌بندی گزینه‌ها از دید کاربر (خروجی نرم‌افزار)

(ب) ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی از دید گرداننده پس از تکمیل ماتریس مقایسات زوجی، شاخص‌ها وزن‌دهی و تعیین اهمیت می‌شوند و در انتها نیز خطوط رتبه‌بندی می‌شوند. کلیه محاسبات نیز در نرم‌افزار Expert Choice انجام شده است که در گام‌های زیر آورده شده است. در ادامه نتایج مقایسات زوجی و اوزان آورده شده است.

**مرحله اول: تعیین هدف**

در اینجا هدف، تعیین و انتخاب کاراترین خط اتوبوس از میان خطوط انتخابی از دید گرداننده است.

(۵) زمان انتظار مسافر

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	1.4	1.2	1.2	1.6	1.3	2.1
		1.2	1.2	2.4	1.9	1.5
			1.0	2.0	1.6	1.7
				2.0	1.6	1.7
					1.3	3.4
						2.7
Incon: 0.00						

شکل ۲۱. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

(۶) زمان سفر داخل ناوگان

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	1.5	1.2	1.4	2.2	1.0	1.6
		1.3	1.1	3.2	1.5	1.1
			1.2	2.5	1.2	1.3
				3.0	1.4	1.1
					2.2	3.4
						1.6
Incon: 0.00						

شکل ۲۲. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

(۷) کیفیت ناوگان

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	2.1	2.2	1.3	2.3	1.5	2.5
		1.1	2.7	1.1	1.3	1.2
			3.0	1.0	1.5	1.1
				3.1	2.0	3.4
					1.5	1.1
						1.6
Incon: 0.03						

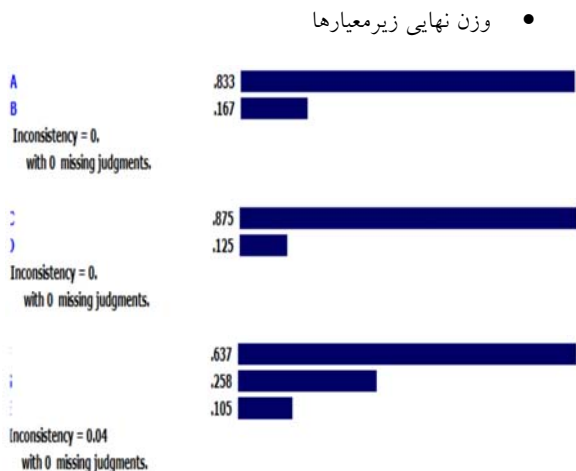
شکل ۲۳. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

مرحله ششم: رتبه‌بندی خطوط اتوبوسرانی از دید کاربر

پس از طی مراحل فوق، نرم‌افزار گزینه‌ها را رتبه‌بندی نموده و نتایج زیر به دست آمده است. طبق این رتبه‌بندی، از دید کاربران، خط ۳۴ اتوبوسرانی دارای بیشترین و خط ۳۱ دارای کمترین کارایی از میان خطوط منتخب است.



شکل ۲۸. وزن نهایی معیارها (خروجی نرم افزار)



شکل ۲۹. وزن نهایی زیرمعیارها (خروجی نرم افزار)

مرحله چهارم: سازگاری

نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۲ و کمتر از ۰/۱ می‌باشد و این مورد بیانگر آن است که سازگاری مقایسات قابل قبول است.

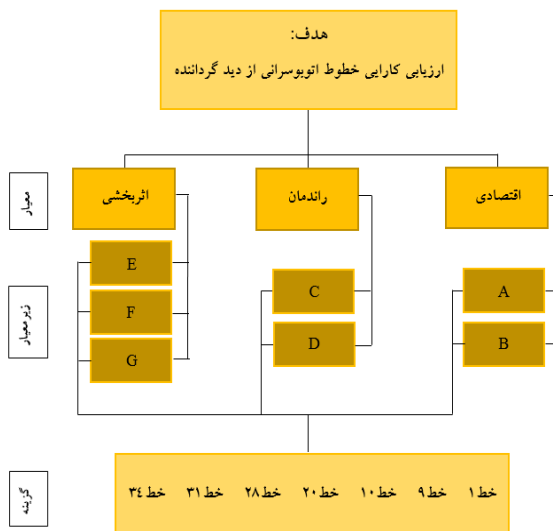
مرحله پنجم: مقایسه گزینه‌ها برحسب معیارها

(۱) نرخ بهره‌وری (درآمد بر هزینه)

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	3.2	2.2	3.8	2.0	1.7	1.7
		1.4	1.2	1.6	1.9	1.8
			1.7	1.1	1.3	1.3
				1.9	2.3	2.2
					1.2	1.2
						1.0
Incon:	0.00					

شکل ۳۰. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم افزار)

(۲) بازدهی ناوگان (درآمد بر تعداد کل ناوگان)



شکل ۲۶. مدل مفهومی AHP از دید گرداننده

مرحله دوم: مقایسات زوجی

برای بدست آوردن وزن هر معیار از خبرگان و کارشناسان حمل و نقل نظرخواهی شده و وارد نرم‌افزار شده است که نتایج آن به شرح زیر است.

A	B
	5.0
Incon:	0.00

C	D
	7.0
Incon:	0.00

E	F	G
	5.0	3.0
		3.0
Incon:	0.04	

شکل ۲۷. مقایسات زوجی زیرمعیارها (خروجی نرم افزار)

مرحله سوم: وزن نهایی

در نهایت وزن معیارها به شرح زیر است. بنابراین از دید کارشناسان حمل و نقل معیار اقتصادی، بیشترین و معیار راندمان کمترین اهمیت را در ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی ایفا می‌کند.

وزن نهایی معیارها

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	2.4	3.5	6.8	3.9	3.0	1.2
		1.4	2.8	1.6	1.2	2.1
			2.0	1.1	1.2	3.0
				1.8	2.3	5.9
					1.3	3.4
						2.6
Incon: 0.00						

شکل ۳۵. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

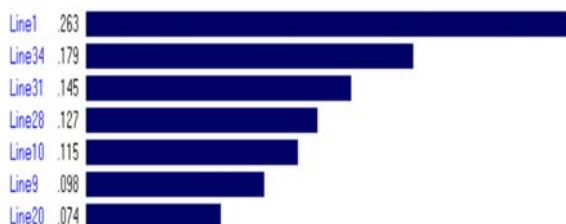
(۷) سرعت عملیاتی (طول مسیر بر زمان طی مسیر)

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	1.2	1.3	1.1	1.4	1.0	1.3
		1.1	1.3	1.7	1.2	1.5
			1.4	1.8	1.3	1.7
				1.3	1.1	1.2
					1.4	1.1
						1.3
Incon: 0.00						

شکل ۳۶. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

- مرحله ششم: رتبه‌بندی خطوط اتوبوسرانی از دید کاربر پس از طی مراحل فوق، نرم‌افزار گزینه‌ها را رتبه‌بندی نموده و نتایج زیر به دست آمده است. طبق این رتبه‌بندی، از دید گرداننده، خط ۱ اتوبوسرانی دارای بیشترین و خط ۲۰ دارای کمترین کارایی از میان خطوط منتخب است.

Overall Inconsistency = .01



شکل ۳۷. رتبه‌بندی گزینه‌ها از دید گرداننده (خروجی نرم‌افزار)

در نمودار زیر جزئیات نتایج و وضعیت خطوط اتوبوسرانی از منظر هر یک از معیارها قابل مشاهده است.

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	3.4	2.3	3.8	2.0	1.8	1.7
		1.5	1.1	1.7	1.9	2.0
			1.7	1.1	1.3	1.3
				1.9	2.1	2.2
					1.1	1.2
						1.1
Incon: 0.00						

شکل ۳۱. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

(۳) تراکم ناوگان (تعداد مسافر بر طول مسیر)

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	2.1	3.0	6.3	5.3	2.8	1.4
		1.4	2.9	2.5	1.3	1.6
			2.1	1.7	1.1	2.2
				1.2	2.3	4.6
					1.9	3.8
						2.0
Incon: 0.00						

شکل ۳۲. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

(۴) نرخ سن (تعداد کل ناوگان بر سن ناوگان)

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	1.7	1.6	1.9	1.7	1.5	1.9
		1.1	1.1	1.0	1.2	3.3
			1.2	1.1	1.1	3.0
				1.1	1.3	3.6
					1.2	3.3
						2.8
Incon: 0.00						

شکل ۳۳. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

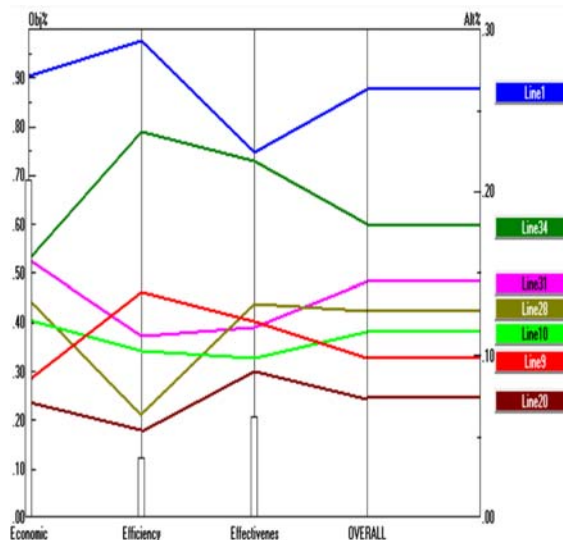
(۵) تراکم ایستگاه‌ها (طول مسیر بر تعداد کل ایستگاه‌ها)

Line1	Line9	Line10	Line20	Line28	Line31	Line34
	1.1	1.1	1.1	1.4	1.1	1.2
		1.0	1.0	1.5	1.1	1.3
			1.0	1.5	1.1	1.3
				1.5	1.0	1.3
					1.4	1.1
						1.3
Incon: 0.00						

شکل ۳۴. مقایسات زوجی گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار)

(۶) نرخ بهره‌برداری (تعداد مسافر بر تعداد کل ایستگاه‌ها)

چنانچه ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده بیش از ۰/۷ باشد، می‌توان به پرسشنامه از منظر پایایی اطمینان حاصل کرد. براساس بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، به علت آنکه میزان آلفای کرونباخ پرسشنامه بیش از ۰/۷ است، پایایی این پژوهش مورد تأیید است. طبق جدول (۱۵)، آلفای کرونباخ برای کلیه سؤالات این تحقیق مقدار ۰/۸۳ محاسبه شده و پایایی پرسشنامه در حد بالایی تأیید می‌شود.



شکل ۳۸. رتبه‌بندی گزینه‌ها از دید گرداننده (خروجی نرم‌افزار)

جدول ۱۵. نتایج صحت‌سنجی با استفاده از آلفای کرونباخ

تعداد سؤالات	آلفای کرونباخ براساس سؤالات استاندارد شده	آلفای کرونباخ
۱۸	۰/۸۵۰	۰/۸۳۰

#### ۲-۴- صحت‌سنجی

پایایی و روایی پرسشنامه دو ویژگی بسیار مهم در یک تحقیق مبتنی بر پرسشنامه هستند؛ به عبارتی برای اینکه یک پرسشنامه قابل قبول شناخته شود، باید دارای این دو ویژگی باشد. روایی، میزان مطابقت نتایج حاصل از پرسشنامه با دنیای واقعی را تعیین می‌نماید و پایایی، سازگاری پرسشنامه را اندازه‌گیری می‌کند.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^k 1\sigma_j^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (8)$$

#### ۳-۴- جمع‌بندی یافته‌ها

پس از وارد نمودن مقایسات زوجی گزینه‌ها برحسب هریک از معیارها در نرم‌افزار و تعیین وزن نهایی، گزینه‌ها رتبه‌بندی شده و در نهایت مشخص شد از دید کاربران، خط ۳۴ در رتبه اول و خط ۳۱ در رتبه هفتم قرار دارد. در جدول ۱۶، نتایج ارزیابی کارایی ۷ خط منتخب اتوبوسرانی شهر اصفهان از منظر معیارهای آسایش و راحتی، رفتار راننده، تراکم ناوگان، قابلیت اطمینان، زمان انتظار مسافر، زمان سفر داخل ناوگان و کیفیت ناوگان رتبه‌بندی شده‌اند.

جدول ۱۶. نتایج ارزیابی کارایی از دید کاربر

رتبه ۱	رتبه ۲	رتبه ۳	رتبه ۴	رتبه ۵	رتبه ۶	رتبه ۷
خط ۳۴	خط ۹	خط ۲۰	خط ۱۰	خط ۲۸	خط ۱	خط ۳۱
رتبه‌بندی از منظر آسایش و راحتی	خط ۳۴	خط ۹	خط ۲۸	خط ۱	خط ۳۱	خط ۱۰
رتبه‌بندی از منظر رفتار راننده	خط ۱	خط ۲۸	خط ۹	خط ۲۰	خط ۳۴	خط ۳۱
رتبه‌بندی از منظر تراکم ناوگان	خط ۹	خط ۲۰	خط ۳۴	خط ۳۱	خط ۲۸	خط ۱
رتبه‌بندی از منظر قابلیت اطمینان	خط ۲۰	خط ۳۴	خط ۹	خط ۲۸	خط ۱۰	خط ۳۱
رتبه‌بندی از منظر زمان انتظار مسافر	خط ۳۴	خط ۹	خط ۲۰	خط ۱۰	خط ۱	خط ۲۸
رتبه‌بندی از منظر زمان سفر داخل ناوگان	خط ۳۴	خط ۹	خط ۲۰	خط ۱۰	خط ۱	خط ۲۸
رتبه‌بندی از منظر کیفیت ناوگان	خط ۳۴	خط ۱۰	خط ۲۸	خط ۹	خط ۳۱	خط ۱

خط ۲۰ در رتبه هفتم قرار دارد. در جدول ۱۷، نتایج ارزیابی کارایی ۷ خط منتخب اتوبوسرانی شهر اصفهان از منظر معیارهای اقتصادی، راندمان و اثربخشی رتبه‌بندی شده‌اند.

پس از وارد نمودن مقایسات زوجی گزینه‌ها برحسب هریک از معیارها در نرم‌افزار و تعیین وزن نهایی، گزینه‌ها رتبه‌بندی شده و در نهایت مشخص شد از دید گرداننده، خط ۱ در رتبه اول و

جدول ۱۷. نتایج ارزیابی کارایی از دید گرداننده

رتبه ۷	رتبه ۶	رتبه ۵	رتبه ۴	رتبه ۳	رتبه ۲	رتبه ۱	
خط ۲۰	خط ۹	خط ۱۰	خط ۲۸	خط ۳۱	خط ۳۴	خط ۱	رتبه‌بندی نهایی
خط ۲۰	خط ۹	خط ۱۰	خط ۲۸	خط ۳۱	خط ۳۴	خط ۱	رتبه‌بندی از منظر اقتصادی
خط ۲۰	خط ۲۸	خط ۱۰	خط ۳۱	خط ۹	خط ۳۴	خط ۱	رتبه‌بندی از منظر راندمان
خط ۲۰	خط ۱۰	خط ۳۱	خط ۹	خط ۲۸	خط ۳۴	خط ۱	رتبه‌بندی از منظر اثربخشی

قبل بیان شد به این نکته توجه نموده و رضایتمندی مسافران را برآورده نمایند. پس از وارد نمودن مقایسات زوجی گزینه‌ها برحسب هریک از معیارها در نرم‌افزار و تعیین وزن نهایی، گزینه‌ها رتبه‌بندی و در نهایت مشخص شد از دید کاربران، خط ۳۴ با ۰/۲۰۳ در رتبه اول و در رتبه هفتم خط ۳۱ با ۰/۱۰۹ قرار دارد. بر اساس نمودار خروجی نرم‌افزار از دید کاربران، جایگاه هر یک از خطوط براساس معیارهای مؤثر مشخص شده که نتایج آن به شرح زیر است.

-از منظر آسایش و راحتی، خط ۳۴ در رتبه اول و خط ۱۰ در رتبه هفتم قرار دارد.

-از منظر رفتار راننده، خط ۱ در رتبه اول و خط ۱۰ در رتبه هفتم قرار دارد.

-از منظر تراکم ناوگان، خط ۹ در رتبه اول و خط ۱ در رتبه هفتم قرار دارد.

-از منظر قابلیت اطمینان، خط ۲۰ در رتبه اول و خط ۱ در رتبه هفتم قرار دارد.

-از منظر زمان انتظار مسافر، خط ۳۴ در رتبه اول و خط ۲۸ در رتبه هفتم قرار دارد.

-از منظر زمان سفر داخل ناوگان، خط ۳۴ در رتبه اول و خط ۲۸ در رتبه هفتم قرار دارد.

-از منظر کیفیت ناوگان، خط ۳۴ در رتبه اول و خط ۱ در رتبه هفتم قرار دارد.

## ۵- نتیجه گیری

در این مطالعه، هدف ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی اصفهان از دو دیدگاه استفاده‌کننده و گرداننده است؛ به همین جهت ارزیابی کارایی در دو فرایند جداگانه انجام گرفته است. در فرایند ارزیابی کارایی از دید کاربر، هدف، ارزیابی کارایی خطوط منتخب از دید کاربر است و به منظور شناسایی معیارهای کارایی از دید کاربر، ۷ معیار شامل آسایش و راحتی، رفتار راننده، تراکم ناوگان، قابلیت اطمینان، زمان انتظار مسافر، زمان سفر داخل ناوگان و کیفیت ناوگان با راهنمایی کارشناسان حوزه حمل و نقل و ترافیک انتخاب شد. به منظور تعیین وزن معیارها و همچنین مقایسه زوجی گزینه‌های منتخب (خطوط اتوبوسرانی منتخب) براساس هریک از معیارها، پرسشنامه‌های مقایسه زوجی تهیه و از طریق پرسشگری مستقیم از کارشناسان و متخصصان جهت تکمیل پرسشنامه‌ها اقدام گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده پیرامون معیارها از دید کاربر وارد نرم‌افزار Expert Choice شده و پس از انجام محاسبات لازم، وزن نهایی هر یک از معیارها مشخص گردید که طبق آن از بین ۷ معیار ارزیابی کارایی از دید کاربر، زمان انتظار مسافر با ۰/۳۰۹ بیشترین و رفتار راننده با ۰/۰۳۶ کمترین اهمیت را نسبت به سایر معیارها در کارایی خطوط ایفا می‌کند. این به آن معنی است که تأثیر زمان انتظار مسافر در انتخاب مد اتوبوس بیشتر از سایر معیارهاست. بنابراین، مراجع ذیربط لازم است در راستای بهبود عملکرد سیستم اتوبوسرانی با عنایت به خروجی وزن نهایی معیارها که در فصل

اما باید به این نکته توجه کرد که با توجه به کمبود امکانات و منابع، خدمات‌رسانی ناکارا به شهروندان در بلندمدت به ضرر شهروندان، جامعه و محیط خواهد بود.

## ۵- مراجع

- Abdi, A., Mosadeq, Z., & Bigdeli Rad, H. (2020). Prioritizing Factors Affecting Road Safety Using Fuzzy Hierarchical Analysis. *Journal of Transportation Research*, 17(3), 33-44.
- Afandizadeh Zargari, S., Bigdeli Rad, H., & Shaker, H. (2019). Using Optimization and Metaheuristic Method to Reduce the Bus Headway (Case Study: Qazvin Bus Routes). *Quarterly Journal of Transportation Engineering*, 10(4), 833-849.
- Afandizadeh, S., & Bigdeli Rad, H. (2021). Developing a Model to Determine the Number of Vehicles Lane Changing on Freeways by Brownian Motion Method. *Nonlinear Engineering*, 10(1), 450-460.
- Afandizadeh, S., Ourmazdi Khoramshahi, S., & Bigdeli Rad, H. (2023). Evaluation of Road Diet Strategy as one of the Methods of Demand Management for Non-Motorized Vehicles and Pedestrians in the Cities Center. *Road*.
- Ameri, A., Bigdeli Rad, H., Shaker, H., & Ameri, M. (2021). Cellular Transmission and Optimization Model Development to Determine the Distances between Variable Message Signs. *Journal of Transportation Infrastructure Engineering*, 7(1), 1-16.
- Cyril, A., Mulangi, R. H., & George, V. (2019). Performance Optimization of Public Transport Using Integrated AHP-GP Methodology. *Urban Rail Transit*, 5, 133-144.
- Duleba, S., & Moslem, S. (2018). Sustainable Urban Transport Development with Stakeholder Participation, an AHP-Kendall Model: A Case Study for Mersin. *Sustainability*, 10(10), 3647.
- Eboli, L., & Mazzulla, G. (2021). Customer Satisfaction as a Measure of Service Quality in Public Transport Planning. *International Encyclopedia of Transportation*, 13816, 220-24.
- Hajduk, S. (2021). Multi-Criteria Analysis in the Decision-Making Approach for the Linear Ordering of Urban Transport Based on TOPSIS Technique. *Energies*, 15(1), 274.
- Hajisoleimani, M. M., Abdi, A., & Bigdeli Rad, H. (2021). Intermodal Non-Motorized Transportation

اطلاعات جمع‌آوری شده پیرامون معیارها و زیرمعیارها از دید گرداننده وارد نرم‌افزار Expert Choice شده و پس از انجام محاسبات لازم، وزن نهایی هر یک از معیارها مشخص گردید که طبق آن از بین ۳ معیار ارزیابی کارایی از دید گرداننده، معیار اقتصادی با ۰/۶۸۳ بیشترین و معیار اثربخشی با ۰/۱۱۷ کمترین اهمیت را نسبت به سایر معیارها در کارایی خطوط ایفا می‌کنند. از بین ۷ زیرمعیار تعریف شده در این مطالعه، تراکم ناوگان (تعداد مسافر بر طول مسیر) با ۰/۸۷۵ بیشترین و تراکم ایستگاه‌ها (طول مسیر بر تعداد کل ایستگاه‌ها) با ۰/۱۰۵ کمترین اهمیت را نسبت به سایر زیرمعیارها در کارایی خطوط ایفاء می‌کنند. پس از وارد کردن مقایسات زوجی گزینه‌ها برحسب هریک از معیارها در نرم‌افزار و تعیین وزن نهایی، گزینه‌ها رتبه‌بندی و در نهایت مشخص شد از دید گرداننده، خط ۱ با ۰/۲۶۳ در رتبه اول و در رتبه هفتم خط ۲۰ با ۰/۰۷۴ قرار دارد. بررسی‌های صورت گرفته در پژوهش حاضر نشان داد که اتوبوس به عنوان یک وسیله‌ی نقلیه کارآمد، دارای جایگاه ارتقاء یافته‌ای در شهر اصفهان است؛ به طوری که بخش قابل توجهی از مسافران آن را جوانان، به ویژه افراد تحصیل کرده با طبقات اجتماعی متوسط به بالا تشکیل می‌دهند که این خود نویدی برای وجود فرهنگ استفاده از این سیستم در شهر اصفهان است که می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آتی برای توسعه‌ی خطوط اتوبوسرانی مورد توجه واقع شود. از طرفی میزان رضایت مسافران از خطوط اتوبوسرانی در این شهر نشان می‌دهد که این سیستم عملکرد قابل قبولی داشته به گونه‌ای که متوسط مسافر جابه‌جا شده توسط ناوگان اتوبوسرانی ۲۶۵۰۰۰ نفر در روز برآورد شده و شرکت اتوبوسرانی اصفهان توانسته اهداف مورد انتظار از راه‌اندازی آن را تا حدود زیادی تأمین کند. بنابراین کارایی خطوط منتخب اتوبوسرانی از دید کاربران و مدیران در حد بالایی بوده اما کاربران، از شلوغی ناوگان، سرفاصله زمانی بالا و فقدان قابلیت اطمینان در سرویس‌دهی ناراضی بوده‌اند. در پایان با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان دریافت که کارایی و ناکارایی خطوط اتوبوسرانی تحت تأثیر عوامل بسیاری است که برخی از آنها عبارتند از: مسیر خطوط اتوبوسرانی، مناطق تحت پوشش خطوط، دسترسی خطوط به مناطق مذهبی و فرهنگی، دسترسی به بازار، جمعیت منطقه تحت پوشش، مالکیت و نحوه اداره اتوبوس، دستگاه ناظر و ... در مجموع می‌توان گفت اگرچه خدمات‌رسانی باید در اولویت تصمیمات مدیریت شهری باشد،

- Rivero Gutiérrez, L., De Vicente Oliva, M. A., & Romero-Ania, A. (2021). Managing Sustainable Urban Public Transport Systems: an AHP Multicriteria Decision Model. *Sustainability*, 13(9), 4614.
- Shi, Q., Zhang, K., Weng, J., Dong, Y., Ma, S., & Zhang, M. (2021). Evaluation Model of Bus Routes Optimization Scheme Based on Multi-Source Bus Data. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100342.
- Sun, D., Chen, S., Zhang, C., & Shen, S. (2016). A Bus Route Evaluation Model Based on GIS and Super-Efficient Data Envelopment Analysis. *Transportation Planning and Technology*, 39(4), 407-423.
- Tuan, V. A., Van Truong, N., Tetsuo, S., & An, N. N. (2022). Public Transport Service Quality: Policy Prioritization Strategy in the Importance-Performance Analysis and the Three-Factor Theory Frameworks. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 166, 118-134.
- Uzir, M. U. H., Al Halbusi, H., Thurasamy, R., Hock, R. L. T., Aljaberi, M. A., Hasan, N., & Hamid, M. (2021). The Effects of Service Quality, Perceived Value and Trust in Home Delivery Service Personnel on Customer Satisfaction: Evidence from A Developing Country. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 63, 102721.
- Vaidya, O. S. (2014). Evaluating the Performance of Public Urban Transportation Systems in India. *Journal of Public Transportation*, 17(4), 174-191.
- Zargari, S. A., & Rad, H. B. (2023). Development of a Gray Box System Identification Model to Estimate the Parameters Affecting Traffic Accidents. *Nonlinear Engineering*, 12(1), 20220218.
- Zhong, Y., & Moon, H. C. (2020). What Drives Customer Satisfaction, Loyalty, and Happiness in Fast-Food Restaurants in China? Perceived Price, Service Quality, Food Quality, Physical Environment Quality, and the Moderating Role of Gender. *Foods*, 9(4), 460.
- Mode Choice; Case Study: Qazvin City. *Space Ontology International Journal*, 10(3), 31-46.
- Holmgren, J. (2013). the Efficiency of Public Transport Operations—An Evaluation Using Stochastic Frontier Analysis. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 50-57.
- Lin, G., Wang, S., Lin, C., Bu, L., & Xu, H. (2021). Evaluating Performance of Public Transport Networks by Using Public Transport Criteria Matrix Analytic Hierarchy Process Models—Case Study of Stonnington, Bayswater, and Cockburn Public Transport Network. *Sustainability*, 13(12), 6949.
- Mahmoudi, S. M., Verdinejad, F., Jandaghi, G., & Mughari, A. M. (2010). Analysis and Establishment of Bus Rapid Transit (BRT) on Customer Satisfaction in Tehran. *African Journal of Business Management*, 4(12), 2514.
- Murat, Y. S., Arslan, T., Cakici, Z., & Akçam, C. (2016). Analytical Hierarchy Process (AHP) Based Decision Support System for Urban Intersections in Transportation Planning. in Using Decision Support Systems for Transportation Planning Efficiency, *IGI Global*, 203-222.
- Nosal, K., & Solecka, K. (2014). Application of AHP Method for Multi-Criteria Evaluation of Variants of the Integration of Urban Public Transport. *Transportation Research Procedia*, 3, 269-278.
- Nosal, K., & Solecka, K. (2014). Application of AHP Method for Multi-Criteria Evaluation of Variants of the Integration of Urban Public Transport. *Transportation Research Procedia*, 3, 269-278.
- Pedroso, G., Bermann, C., & Sanches-Pereira, A. (2018). Combining the Functional Unit Concept and the Analytic Hierarchy Process Method for Performance Assessment of Public Transport Options. *Case Studies on Transport Policy*, 6(4), 722-736.
- Quddus, M., Rahman, F., Monsuur, F., De Ona, J., & Enoch, M. (2019). Analyzing Bus Passengers' Satisfaction in Dhaka Using Discrete Choice Models. *Transportation Research Record*, 2673(2), 758-768.

# Evaluating the Efficiency of Bus Lines from the point of View of Users and Operators in Isfahan

*Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*Mahshid Mohit, M.Sc., Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.*

*Hamid Bigdeli Rad, Ph.D., Candidate, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*E-mail: zargari@iust.ac.ir*

Received: June 2025- Accepted: January 2025

## ABSTRACT

Considering the special position of public transportation development, the present article has evaluated the efficiency of bus lines using Analytical Hierarchy (AHP) method; therefore, by reviewing the literature and background of the research, the effective criteria in evaluating the efficiency of bus lines were determined and a list of effective criteria and sub-criteria was identified. In this study, the aim is to evaluate the efficiency of Isfahan bus lines from two points of view: users and operators; for this reason, performance evaluation has been done in two separate processes. The data collected about the criteria are entered into the Expert-Choice software and after performing the necessary calculations, the final weight of each criterion is determined, according to which, among the 7 performance evaluation criteria from the user's point of view, the passenger waiting time is 0.309 is the most important and driver's behavior is the least important with 0.036 compared to other criteria in the efficiency of lines. Also, among the 3 efficiency evaluation criteria from the driver's point of view, the economic criterion with 0.683 and the effectiveness criterion with 0.117 play the least importance compared to other criteria in the efficiency of lines. Finally, from the point of view of the users, line 34 is the most efficient with 0.203 points, and line 31 is the least efficient with 0.109 points, and from the operators' point of view, line 1 is the most efficient with 0.263 points and line 20 is the least efficient with 0.074 points.

**Keywords:** Citizen Satisfaction, Public Transportation System, Expert Choice Software, Bus System Efficiency