

## طراحی سامانه‌های عملیاتی در سیستم اتوبوسرانی به منظور ساماندهی حمل و نقل مسافر درون شهری

### چکیده

با توجه به سهم عمده حمل و نقل همگانی در سفرهای درون شهری، لازم است راهکارهایی جهت بهبود و توسعه این سیستم‌ها از لحاظ کیفی و کمی صورت پذیرد. از دیدگاه کمی لازم است که فاکتورهای همچون توسعه زیرساخت‌ها، افزایش تعداد ناوگان، افزایش منطقه پوشش و همچنین افزایش زمان خدمات‌رسانی مدنظر قرار گیرند درحالی که از دیدگاه کیفی میزان راحتی و آسایش مسافری، کیفیت تجهیزات و ناوگان استفاده شده و مواردی از این دست مورد توجه قرار می‌گیرند. به منظور جذب شهروندان به استفاده از این شیوه حمل و نقل لازم است که به طور هم‌زمان هم از لحاظ کمی و هم از لحاظ کیفی، سامانه‌های اتوبوسرانی ارتقاء یابند. در این مقاله به بررسی راهکارهای مختلف کنترل ناوگان اتوبوسرانی به منظور ساماندهی حمل و نقل مسافر درون شهری و ارایه چهارچوب طراحی سامانه‌های عملیاتی در سیستم اتوبوسرانی پرداخته می‌شود. همچنین نیازمندی‌های اطلاعاتی و نقش داده و اطلاعات در طراحی و ساماندهی حمل و نقل درون شهری در این مقاله به منظور طراحی سامانه‌های مناسب مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: حمل و نقل عمومی، اتوبوس‌رانی شهری، زمان سفر، طراحی سامانه‌های عملیاتی

### مقدمه

حمل و نقل و جابه‌جایی درون‌شهری از جمله امور اساسی و مهم در هر جامعه انسانی به شمار می‌رود که دارای تاثیرات قابل توجهی بر الگوی زندگی و تعاملات اجتماعی شهروندان می‌باشد. رشد و توسعه شهرها و افزایش جمعیت در عصر صنعتی، مشکلات مختلفی برای ساکنان و شهروندان خصوصاً در کلان‌شهرهایی چون تهران بوجود آورده است. قابلیت جابجایی و تحرک در معابر شهری از جمله مهمترین فاکتورهای مدیریت شهری است که زندگی روزمره هر شهروند را به طور مستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهد. تاثیرگذاری سیستم‌های حمل و نقل عمومی فقط محدود به شهروندانی نیست که از این سیستم برای مسافرت‌های درون‌شهری استفاده می‌کنند بلکه زندگی روزمره سایر شهروندان را که از سیستم‌های حمل و نقل عمومی استفاده نمی‌کنند نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. یک سیستم حمل و نقل شهری به‌طور مستقیم بر ترافیک معابر، آلودگی منابع طبیعی، زیبایی شهر و ... تاثیرگذار است که کلیه این فاکتورها فارغ از اینکه فرد مشتری این سیستم باشد یا خیر بر وی تاثیر گذارند و تعیین‌کننده کیفیت نهایی زندگی در شهر می‌باشند. در این میان، سیستم‌های حمل و نقل درون‌شهری نیز متأثر از پیامدهای رشد جمعیت و توسعه بی‌رویه شهرها بوده‌اند. حمل و نقل عمومی یکی از ارزنده‌ترین خدمات شهری است که عدم ارایه صحیح آن می‌تواند فعالیت‌های روزانه کلان‌شهرها را مختل نموده و تاثیرات اقتصادی مخربی بر جای گذارد. هرچقدر که سیستم حمل و نقل شهری ناکارآمدتر

باشد، تمایل افراد به استفاده از وسایل نقلیه شخصی افزایش یافته و در نتیجه مدیریت امور شهری دشوارتر و در برخی موارد مختل می‌شود. به طور مشخص ثابت شده است که گسترش حمل و نقل عمومی و استفاده از سیستم های حمل و نقلی کارا و دارای قابلیت اطمینان کافی، موجب کاهش هزینه‌ها، توسعه اقتصادی، افزایش نرخ اشتغال و افزایش کیفیت زندگی شهری خواهد شد. اهمیت حوزه حمل و نقل همگانی و درون شهری به حدی است که امروزه الگوهای توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی به عنوان یکی از الگوهای توسعه شهری که بر محوریت حمل و نقل عمومی استوار است، مورد توجه ویژه قرار گرفته است (ان و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶).

در یک دسته‌بندی می‌توان مدل‌های پیش‌بینی زمان سفر مبتنی بر داده‌های تاریخی را به دو دسته مدل‌های مبتنی بر متوسط زمان سفر و مدل‌های مبتنی بر سرعت متوسط تقسیم‌بندی نمود. در مدل‌های مبتنی بر متوسط زمان سفر، از متوسط زمان سفر تاریخی به طور مستقیم یا با ترکیب آن با ورودی‌های مختلف در پیش‌بینی زمان سفر استفاده می‌شود (چنگ و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). در این مدل، برای پیش‌بینی زمان رسیدن یک اتوبوس به ایستگاه از دو دسته ورودی استفاده می‌شود؛ دسته اول، داده‌های مربوط به اطلاعات تاریخی مرتبط با چندین روز اخیر و دسته دوم، شرایط عملیاتی در روز فعلی است. مدل‌های مبتنی بر سرعت متوسط، از میانگین سرعت وسیله نقلیه در مسیرها برای تخمین زمان سفر استفاده می‌کنند. پیش‌بینی زمان سفر به کمک داده‌های جمع‌آوری شده از سیستم موقعیت یاب جهانی<sup>۳</sup> و مسافت بین ایستگاه‌ها نیز قابل انجام است. این مدل‌ها برای تخمین زمان سفر معمولاً از تکنیک‌های انطباق نقشه<sup>۴</sup>، به کمک سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی<sup>۵</sup> و موقعیت‌یابی فعلی اتوبوس استفاده می‌کنند. در مطالعه (ویگنگ و کندبهاری<sup>۶</sup>، ۲۰۰۲) یک مدل برای تخمین زمان‌های رسیدن اتوبوس به ایستگاه‌ها به کمک اطلاعات سیستم موقعیت یاب جهانی در شهر برازیلیا توسعه داده شده است. مدل مذکور از یک الگوریتم اصلی برای محاسبه زمان برآورد شده رسیدن اتوبوس به ایستگاه‌ها و دو الگوریتم فرعی برای تعیین موقعیت و سرعت حرکت اتوبوس در طول مسیر استفاده می‌کند. در این مدل مسیر حرکت اتوبوس به چندین قطعه مسیر کوتاه و مستقیم تقسیم شده و پیش‌بینی زمان صف در هر یک از قطعات مسیر انجام می‌شود. تاثیر متغیرهای طول مسیر، بازه زمانی حرکت، تعداد مسافرین پیاده و سوار شدن در ایستگاه‌ها و تعداد تقاطعات عبوری روی زمان سفر نشان داده شده است (تیراچینی<sup>۷</sup>، ۲۰۱۳).

طبقه‌بندی مقالات مرتبط با پیش‌بینی زمان سفر سیستم اتوبوسرانی در جدول ۱ آورده شده است. تنها در دو تحقیق (عبدالفتاح و خان<sup>۸</sup>، ۱۹۹۸) و (چین، دینگ و وی<sup>۹</sup>، ۲۰۰۲) متغیرهای مربوط به شرایط ترافیکی مسیر در مدل پیش‌بینی زمان سفر لحاظ شده‌اند و در هر دو مطالعه، داده‌های ترافیکی از داده‌های مدل شبیه‌سازی استخراج شده‌اند. از مدل‌های رگرسیون چندمتغیره برای پیش‌بینی و تحلیل زمان سفر اتوبوس‌ها با اهداف کاربردی مختلفی نظیر ارزیابی میزان کارایی و مناسب بودن بافرهای زمانی در نظر گرفته شده برای ترمیم برنامه زمان‌بندی (استارتمن<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۲)، تخمین زمان صرفه‌جویی شده با پیاده‌سازی سیستم‌های اتوبوس‌رانی سریع‌السير یا توقف-محدود (تترالت و الگندی<sup>۱۱</sup>، ۲۰۱۰) و آزمایش متغیرهای موثر بر میزان قابلیت اطمینان و پایداری برنامه زمان‌بندی (الگندی، هورنینگ و کریزک<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۲)، (استارتمن<sup>۹</sup> و همکاران، ۱۹۹۹)، (استارتمن<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۰) استفاده شده است. کاهش واریانس زمان سفر در افزایش اعتماد و اطمینان مسافرین به استفاده از سیستم

1 An, et al.

2 Cheung, et al.

3 GPS

4 Map Matching Techniques

5 Geographic Information System (GIS)

6 Weigang & Koendjibharie

7 Tirachini

8 Abdelfattah & Khan

9 Chien, Ding, & Wei

10 Strathman

11 Tétrault & El-Geneidy

12 El-Geneidy, Horning, & Krizek

حمل و نقل موثر بوده و حتی از دیدگاهی، کاهش واریانس زمان سفر نسبت به کاهش متوسط زمان سفر فوائد بیشتری دارد (باتس، پولک و جونسک، ۲۰۰۱).

**جدول ۱- طبقه بندی مقالات مرتبط با پیش بینی زمان سفر سیستم اتوبوسرانی**

منبع داده ها	آب و هوا	داده های تاریخی زمان سفر / سرعت و جزئیات مسیر <sup>۵</sup>	داده های اتوبوس <sup>۲</sup>	پایبندی و استواری <sup>۳</sup>	زمان بندی <sup>۳</sup>	شناختن های ترافیکی	متغیر های موقتی / زمان بندی،	تفاضل مسافر / زمان توقف در ایستگاه	مشخصات مسیر	نویسندگان
مدل های رگرسیون										
APC							✓	✓	✓	پاتنایک و همکاران <sup>۶</sup> ، ۲۰۰۴
مدل های شبکه عصبی مصنوعی										
AVL			✓	✓				✓		جیونگ و ریلت <sup>۷</sup> ، ۲۰۰۴
GPS		✓	✓							پارک و همکاران <sup>۸</sup> ، ۲۰۰۴
APC	✓						✓	✓		چنگ و همکاران <sup>۹</sup> ، ۲۰۰۹
مدل های کالمان فیلتر <sup>۱۰</sup>										
AVL-APC		✓						✓		شلابی و فرهان <sup>۱۱</sup> ، ۲۰۰۴
APC	✓		✓				✓			چنگ و همکاران <sup>۱۲</sup> ، ۲۰۰۴
AVL		✓	✓							دیلی و همکاران <sup>۱۳</sup> ، ۲۰۱۱
AVL-APC			✓				✓			چنگ و همکاران <sup>۱۴</sup> ، ۲۰۰۵
مدل های تحلیلی										
GPS			✓	✓			✓			لین و زنگ <sup>۱۳</sup> ، ۱۹۹۹
GPS				✓				✓		بی و همکاران <sup>۱۴</sup> ، ۲۰۱۵
GPS			✓	✓			✓	✓		درویوتسکی و همکاران <sup>۱۵</sup> ، ۲۰۱۶

1 Bates, Polak, Jonesc, & Cook  
 2 Temporal variables  
 3 Schedule adherence  
 4 Bus progress data  
 5 trajectory  
 6 Patnaik et al.  
 7 Jeong & Rilett  
 8 Park et al.  
 9 Cheng et al.  
 10 Kalman Filter (KF)  
 11 Shalaby & Farhan  
 12 Dailey, et al.  
 13 Lin & Zeng  
 14 Bie, et al.  
 15 Derevitskiy, et al.

## بیان مساله

رشد روزافزون جمعیت شهرها و متعاقب آن افزایش تقاضای سفر و همچنین ورود بی‌رویه خودروهای شخصی خصوصاً در شهرهای بزرگی چون تهران موجب شده است که امروزه مکرراً شاهد پدیده‌هایی همچون ترافیک سنگین در اکثر معابر شهری، افزایش آلودگی‌ها خصوصاً آلودگی هوا و در کنار آن آلودگی‌های شنیداری و دیداری و همچنین هدر رفتن منابع ملی به واسطه اتلاف سوخت در ترافیک، تصادفات رانندگی، استهلاک خودروها، استهلاک معابر و ... باشیم.

بر این اساس، سیستم‌های اتوبوسرانی به‌عنوان یکی از سیستم‌های کارآمد حمل و نقل شهری می‌توانند در این زمینه راهگشا باشند. وجود یک سیستم حمل و نقل کارآمد می‌تواند علاوه بر سرعت دادن به جابجایی مسافران، ایمنی در معابر شهری را ارتقاء داده و بسیاری از معضلاتی که پیشتر به آن اشاره شد را رفع نماید. بنابراین می‌توان گفت که سامانه‌های اتوبوسرانی شهری به‌واسطه منافع بسیار و هزینه‌های اندک آن (در مقابل هزینه سایر راهکارها) می‌تواند به‌عنوان یک گزینه مناسب برای توسعه سیستم حمل و نقل عمومی مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی حمل و نقل درون‌شهری در یک تقسیم‌بندی کلی می‌تواند به دو گروه حمل و نقل با استفاده از وسایل نقلیه شخصی و حمل و نقل عمومی تقسیم شود. اتومبیل شخصی، موتورسیکلت و دوچرخه از جمله وسایل نقلیه شخصی است و در مقابل مترو، سامانه قطار سبک شهری، مونوریل، تراموا، انواع اتوبوس‌های شهری، انواع تاکسی (گردشی، خط ثابت و ...) از جمله متداول‌ترین وسایل حمل و نقل عمومی هستند.

از دیدگاه شهروندان، یک سامانه حمل و نقل عمومی زمانی ارجح است که در مقایسه با شیوه‌های دیگر از لحاظ هزینه، زمان سفر، ایمنی، آسایش و راحتی سفر و نهایتاً مبدأ-مقصد مناسب از وضعیت بهتری برخوردار باشد. به طور واضح نمی‌توان گفت که یک شیوه حمل و نقل می‌تواند در مورد کلیه فاکتورهای ذکر شده برتر از مابقی شیوه‌ها باشد با این حال بر اساس مدل تصمیم‌گیری هر یک از شهروندان، یکی از این سامانه‌ها یا ترکیبی از آنها می‌تواند مجموعاً نتایج بهتری را برای شهروند مذکور در بر داشته باشد.

## اجزاء اصلی یک سیستم اتوبوسرانی شهری

جابجایی مسافران در درون شهر وظیفه اصلی یک سیستم اتوبوسرانی شهری است. لازم است که خدمات ارائه شده به شهروندان با کیفیت، قابل اطمینان و ایمن باشد. به‌منظور ارائه چنین خدماتی لازم است که فعالیت‌های مختلفی در یک سیستم اتوبوسرانی شهری انجام شود. از منظر فرآیندی می‌توان کلیه فعالیت‌های صورت گرفته در شرکت‌های اتوبوسرانی شهری به سه دسته فرآیند اصلی تقسیم می‌شود:

(۱) فرآیندهای مدیریتی (۲) فرآیندهای اصلی (۳) فرآیندهای پشتیبانی.

با این حال از دیدگاه شهروندان آن‌چیزی که از خدمات شرکت‌های اتوبوسرانی قابل مشاهده است در دو بخش اصلی خلاصه می‌شود:

(۱) ناوگان مورد استفاده برای خدمات‌رسانی (۲) مسیرهای اتوبوسرانی.

این دو مورد به‌عنوان اجزای اصلی یک سیستم اتوبوسرانی که دارای تاثیر مستقیم بر عملکرد سیستم اتوبوسرانی هستند، در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## تنوع ناوگان در سامانه‌های اتوبوسرانی

امروزه انواع مختلفی از اتوبوس‌ها که دارای اندازه و شکل‌های مختلفی هستند در سامانه‌های اتوبوسرانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور معمول نوع اتوبوس مورد استفاده در سامانه‌های اتوبوسرانی بستگی کامل به ویژگی‌های مسیر و ساختار معابر دارد. برخی از مهمترین انواع ناوگان در سامانه‌های اتوبوسرانی عبارتند از:

اتوبوس با اندازه کامل<sup>۱</sup>، مینی‌بوس، ون و مینی‌ون.

شواهد نشان داده است که اتوبوس می‌تواند به‌عنوان یک وسیله نقلیه انعطاف‌پذیر برای جابجایی مسافر در درون شهرها بسیار موثر واقع گردد. استفاده از اتوبوس صرفاً محدود به سیستم‌های حمل و نقل همگانی نیست و می‌تواند به اشکال مختلفی مورد استفاده قرار گیرد. برخی از سایر کاربردهای اتوبوس عبارتند از:

اتوبوس مدرسه، اتوبوس‌های فرودگاهی، اتوبوس‌های گردشگری، اتوبوس ترکیبی<sup>۲</sup> (برای مقاصد پلیسی یا نظامی)، اتوبوس انتخاباتی<sup>۳</sup>، اتوبوس‌های سفارشی<sup>۴</sup>، اتوبوس‌های پلیس و اتوبوس‌های آموزشی<sup>۵</sup>.

## انواع مسیرهای حرکتی در سیستم اتوبوسرانی

مسیرهای حرکت از جمله مهمترین اجزاء سیستم‌های اتوبوسرانی می‌باشند و از جمله مهمترین فاکتورهایی هستند که برنامه‌ریزی، زمان‌بندی و کنترل ناوگان اتوبوسرانی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در طراحی مسیرهای حرکتی لازم است علاوه بر در نظر گرفتن دیدگاه‌های مسافرین به مسایل ترافیکی نیز توجه کافی داشت تا در نتیجه آن اتوبوس بتواند بدون تاخیر و تداخل با سایر وسایل نقلیه حرکت نموده و خدمات بهتر و با قابلیت اطمینان بالاتری را به مسافران ارائه دهد.

مهمترین پارامتری که طراحی مسیر حرکت اتوبوس مدنظر کارشناسان ترافیک قرار می‌گیرد عبارتست از چگونگی تفکیک مسیر حرکت از ترافیک سایر وسایل نقلیه. بر اساس اینکه چقدر جریان حرکت اتوبوس در مسیر آن از جریان حرکت سایر وسایل نقلیه تفکیک می‌شود می‌توان مسیرهای حرکت اتوبوس را به ۵ دسته مختلف تقسیم‌بندی نمود. جدول ۲ نشان‌دهنده این ۵ دسته است.

جدول ۲- طبقه‌بندی مسیرهای حرکت اتوبوس درون‌شهری بر اساس مقدار تفکیک از ترافیک سایر وسایل نقلیه

رده دسترسی	کنترل دسترسی	نوع تسهیلات
۱	جریان غیرمنقطع - کنترل کامل دسترسی	تونلهای ویژه اتوبوس مسیر ویژه غیرهمسطح خطوط ویژه آزادراهها
۲	کنترل منقطع دسترسی	مسیر ویژه همسطح
۳	خطوط جداشده فیزیکی در حریم خیابان	مسیر ویژه میانی در شریان‌ها
۴	خطوط انحصاری/نیمه‌انحصاری	خطوط ویژه همسو یا خلاف جهت جریان ترافیک
۵	ترافیک مختلط	

1 Full-size bus  
2 Combination bus  
3 Campaign bus  
4 Customised buses  
5 Training bus

علی‌رغم تعریف پنج حد تفکیک متفاوت می‌توان گفت که رایج‌ترین مسیرهای اتوبوسرانی عبارتست از مسیرهای مشترک با ترافیک خیابان. ایجاد مسیرهای مختلط هزینه بسیار کمتری نسبت به سایر مسیرها نیاز دارد و همین مساله باعث شده است که بیشتر مورد استفاده قرار گیرند. از طرف دیگر می‌توان گفت که اجرای آن در اغلب شریان‌های اصلی شهرها امکان‌پذیر است. این امکان وجود دارد که مسیرهایی اختصاصی برای عبور اتوبوس‌ها ایجاد نمود که این مسیرها می‌توانند هم‌سطح یا غیرهمسطح باشند؛ در این حالت تداخل اتوبوس‌ها با سایر وسایل نقلیه به حداقل ممکن می‌رسد و در نتیجه خدمت‌رسانی با کیفیت و قابلیت اطمینان بسیار بالاتری امکان‌پذیر خواهد بود. در شهر تهران در حال حاضر تمرکز بسیاری بر توسعه خطوط ویژه میانی خصوصاً در بزرگراه‌ها با استفاده از اتوبوس‌های چپ‌در وجود دارد که این سامانه‌ها تحت عنوان سامانه‌های اتوبوسرانی تندرو<sup>۱</sup> شناخته می‌شوند. در ادامه با توجه به تأکیدی که در حال حاضر بر روی توسعه سامانه اتوبوسرانی تندرو در کلان‌شهر تهران وجود دارد سعی می‌شود که ویژگی‌ها و خصوصیات منحصر به فرد این سامانه‌ها تعریف شود.

### سامانه‌های اتوبوسرانی تندرو

بررسی وضعیت حمل و نقل کشورهای پیشرفته و در حال توسعه نشان می‌دهد که یکی از اهداف عمده این کشورها در بخش حمل و نقل، برخورداری از شبکه حمل و نقل عمومی گسترده، ایمن و انعطاف‌پذیر و با قابلیت دسترسی گسترده و آسان است. با افزایش تراکم تردد و مسائل نقلیه در شهرهای بزرگ و بروز مشکلات ناشی از آن از جمله آلودگی هوا و طولانی شدن زمان سفر، نیاز روزافزونی به رایج راهکارهای جدید در سامانه‌های حمل و نقل عمومی وجود خواهد داشت. همانطور که در بخش قبل ذکر شد، سامانه‌های اتوبوسرانی مرسوم که به طور معمول به صورت مختلط با جریان ترافیک حرکت می‌کنند، در ساعات اوج ترافیک نمی‌توانند خدمات مطلوبی به شهروندان ارائه نمایند. در ساعات اوج ترافیک عوامل همچون ترافیک و وسایل نقلیه، چراغ‌های راهنمایی و سوار و پیاده کردن حجم زیادی از مسافران باعث می‌شود که سرعت سیر اتوبوس‌ها کاهش یابد است. در چنین وضعیتی استفاده از خطوط ویژه و به کارگیری سامانه اتوبوسرانی سریع می‌تواند به‌عنوان یک راهکار موثر به منظور افزایش کیفیت و کمیت خدمت‌رسانی و همچنین رقابت با سایر سامانه‌های حمل و نقل مطرح باشد.

سامانه اتوبوسرانی تندرو یک سامانه سریع اتوبوسی و در راستای سیاست توسعه حمل و نقل همگانی می‌باشد که ناوگان، مسیرها و عناصر سیستم هوشمند ترافیک را در یک سیستم یکپارچه تلفیق کرده است. این سامانه ترکیبی از اختصاص مسیر و همچنین اولویت‌دهی به اتوبوس‌هاست. یک سامانه اتوبوسرانی تندرو از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است که عمده آنها عبارتند از: اجزاء ترافیکی، مسیر حرکت، ناوگان مورد استفاده، سامانه پرداخت و همچنین راهکارهای مرتبط با سیستم‌های حمل و نقل هوشمند<sup>۲</sup>.

### فناوری‌های نوین اطلاعاتی در سامانه‌های اتوبوسرانی شهری

با توجه به اهمیت فراهم بودن اطلاعات دقیق، مناسب و به‌روز برای کمک به تصمیم‌گیری مدیران شرکت و همچنین تهیه گزارشات مدیریتی برای سازمان‌های بالاسری و تعامل با شهروندان و مسافری، وجود راهکارهای سیستمی برای جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات خطوط و ناوگان اتوبوسرانی ضرورت می‌یابد. تنها در صورت استفاده از فناوری‌های نوین اطلاعاتی است که اداره بهتر خطوط اتوبوسرانی به واسطه دسترسی به اطلاعات به موقع و دقیق میسر شده و در کنار آن امکان اطلاع‌رسانی صحیح و به موقع به شهروندان فراهم می‌آید.

<sup>1</sup>Bus Rapid Transit (BRT)

<sup>2</sup>Intelligent Transportation Systems (ITS)

داده‌های جمع‌آوری شده از سامانه اتوبوسرانی می‌تواند مورد استفاده مسافری، شهروندان، مدیریت و بخش خصوصی و یا سایر کارشناسان و متخصصان مربوطه باشد. امروزه سامانه‌های حمل و نقل هوشمند جایگاه مناسبی در سیستم‌های حمل و نقل همگانی یافته‌اند. اهداف اساسی به کارگیری سامانه‌های هوشمند حمل و نقل در دو مورد اصلی می‌باشد:

۱- مدیریت و کنترل ناوگان

۲- اطلاع‌رسانی به موقع به مسافران

در این بین، کارایی یک سامانه اتوبوسرانی، مستلزم در نظر گرفتن عواملی نظیر طراحی شبکه خطوط متناسب با تقاضا، تخصیص بهینه ناوگان و خدمه به مسیرها و خطوط اتوبوسرانی و همچنین تدوین برنامه زمان‌بندی حرکت اتوبوس‌ها و کنترل آن به شکل موثر در طول دوره بهره‌برداری است. از جمله کاربردهای سامانه‌های هوشمند حمل و نقل در سامانه خطوط اتوبوسرانی می‌توان به امکان نظارت لحظه‌ای و کامل بر مسیرهای مختلف و نواحی، ایستگاه‌های واقع در طول خط و مدیریت هوشمند و موثر ناوگان اتوبوسرانی اشاره کرد. ماتریس ادغام سامانه‌های حمل و نقل هوشمند در سامانه‌های اتوبوسرانی که شامل انواع مختلفی از ابزارهای فناوری اطلاعات است در جدول ۳ نشان داده شده است. در این جدول یک جزء یا زیرساخت سامانه اتوبوسرانی به یک ابزار سامانه‌های هوشمند حمل و نقل ارتباط داده شده است.

جدول ۳- کاربرد سامانه‌های حمل و نقل هوشمند در خطوط اتوبوسرانی

بخش	از دیدگاه شرکت اتوبوسرانی	از دیدگاه مسافران (بهره بردار)
مسیر حرکت	سامانه حق تقدم عبور <sup>۲</sup> تکنولوژی‌های کنترل مسیر <sup>۳</sup> سامانه‌های هدایت مسیر <sup>۴</sup>	موقعیت‌یابی صحیح <sup>۱</sup>
ایستگاه‌ها	سامانه‌های نظارت و ایمنی <sup>۶</sup> سامانه‌های هدایت مسیر	اطلاعات مسافری (در ایستگاه، در حرکت، به صورت آنلاین) سامانه اخذ کرایه <sup>۵</sup> (در ایستگاه، در داخل اتوبوس) سامانه‌های نظارت و ایمنی موقعیت‌یابی صحیح تبلیغات و اطلاعات تجاری
ناوگان	سامانه حق تقدم عبور تکنولوژی‌های کنترل مسیر سامانه اتوماتیک شمارش مسافری (APC) سامانه خودکار مکان‌یابی و کنترل وسیله نقلیه سامانه نظارت و ایمنی سامانه هشداردهی و پاسخ اورژانسی <sup>۷</sup> سامانه اعزام به کمک کامپیوتر (CAD) <sup>۸</sup> سامانه مدیریت و کنترل ناوگان <sup>۹</sup> سامانه کنترل حوادث <sup>۱۰</sup>	اطلاعات مسافری (در ایستگاه، در حرکت، به صورت آنلاین) سامانه اخذ کرایه (در ایستگاه، در داخل اتوبوس) سامانه‌های نظارت و ایمنی موقعیت‌یابی صحیح تبلیغات و اطلاعات تجاری

1. Precision docking
2. Transit signal priority
3. Lane control technologies
4. Lane guidance
5. Fare collection
6. Surveillance/CCTV/security systems
7. Panic button/emergency response
8. Computer-aided dispatching
9. Fleet management/monitoring
10. Collision avoidance systems

### ادامه جدول ۳- کاربرد سامانه‌های حمل و نقل هوشمند در خطوط اتوبوسرانی

بخش	از دیدگاه شرکت اتوبوسرانی	از دیدگاه مسافران (بهره بردار)
خارج از محدوده	سامانه حق تقدم عبور سامانه شمارش خودکار مسافران <sup>۱</sup> موقعیت‌یابی و کنترل خودکار وسیله نقلیه سامانه اخذ کرایه <sup>۲</sup> (در ایستگاه، در داخل اتوبوس) سامانه نظارت و ایمنی سامانه هشداردهی و پاسخ اورژانسی سامانه اعزام به کمک کامپیوتر سامانه اعزام به کمک کامپیوتر (CAD) سامانه مدیریت و ارزیابی ناوگان داده کاوی	اطلاعات لحظه‌ای مسافران (در ایستگاه، در حرکت، به صورت آنلاین)

داده‌های زنده به اطلاعاتی اطلاق می‌شود که در حین انجام عملیات عادی مخابره می‌شود. انواع مختلفی از داده‌های زنده شامل موارد زیر می‌باشند:

- ارتباط صوتی بین راننده و مرکز کنترل یا سایر مراکز
- اطلاعات مختصات جغرافیایی اتوبوس
- پیام‌های متنی بین راننده و مرکز کنترل یا سایر مراکز
- سامانه هشداردهنده بین اتوبوس و مرکز کنترل
- ارتباط تصویری زنده<sup>۳</sup>

از جمله محبوب‌ترین داده‌های زنده برای مسافران می‌توان به نمایش زمان ورود اتوبوس بعدی به ایستگاه اشاره نمود. علاوه بر داده‌های زنده، داده‌های تاخیردار نیز در سامانه‌های اتوبوسرانی مورد استفاده می‌باشند. این داده‌ها در سامانه‌های کامپیوتری بر روی اتوبوس‌ها ذخیره شده و هنگامی که اتوبوس در توقفگاه می‌باشد این داده‌ها بازیابی و پردازش می‌شوند. مثال‌هایی از داده‌های قابل ذخیره و بازیابی در سامانه‌های اتوبوسرانی شامل موارد زیر است:

- شمارش تعداد مسافران
- داده‌های مربوط به وسیله نقلیه (مانند مصرف سوخت، مسافت طی شده)
- به‌روزرسانی مسیر حرکت
- اخطارها و هشدارهای ثبت شده
- به‌روزرسانی برنامه زمان‌بندی
- به‌روزرسانی پیام‌های تبلیغاتی

1 Automatic passenger counters  
2 Fare collection  
3 live video stream



در ادامه برخی از فناوری‌های هوشمند مخابراتی که می‌تواند در جهت کنترل و یا اطلاع‌رسانی در خدمت یک سامانه اتوبوسرانی باشد، تشریح می‌شود.

### وضعیت عملکردی شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه

شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه با مأموریت جابجایی مسافر درون‌شهری دارای زیرساخت‌ها، ناوگان، نیروی انسانی و سرمایه قابل توجهی است که در این قسمت از مقاله به طور خلاصه مورد بررسی قرار می‌گیرد. ناوگان اتوبوسرانی شرکت واحد با سازماندهی ناوگان، تجهیزات و نیروی انسانی در خطوط روزانه و شبانه اقدام به جابجایی مسافران در ۳۶۵ روز سال می‌نماید. کلیه خطوط اتوبوسرانی در طول بازه زمانی ۵:۳۰ صبح با ۲۲:۳۰ فعال بوده و اقدام به جابجایی مسافر از ایستگاه‌ها می‌نمایند. علاوه بر این، کلیه خطوط تندرو اتوبوسرانی به صورت ۲۴ ساعته فعال می‌باشند. جدول ۴ نشان‌دهنده حجم مسافر جابجا شده در سال ۹۰ توسط ناوگان اتوبوس شرکت واحد اتوبوسرانی است.

جدول ۴- تعداد مسافر جابجا شده توسط ناوگان اتوبوس به تفکیک بخش خصوصی و دولتی، سال ۱۳۹۰

بخش	تعداد	درصد از کل
خصوصی	۵۶۲۷۶۷۶۷۲	۵۱٫۶٪
دولتی	۵۲۷۶۰۳۴۱۰	۴۸٫۴٪
کل	۱۰۹۰۳۷۱۰۸۲	۱۰۰٪

تا پایان سال ۹۵، شرکت واحد اتوبوسرانی دارای ۶۲۰۰ دستگاه اتوبوس بوده است که این اتوبوس‌ها در بخش‌های مختلفی از شرکت واحد مشغول به خدمت‌رسانی بوده‌اند. با وجود کاهش تعداد ناوگان اتوبوسرانی از سال ۹۰ تا سال ۱۳۹۵، نوسازی ناوگان باعث شده است تا تعداد مسافرین جابجا شده روزانه کاهش نیابد. این اتوبوس‌ها در ۳۹۱ خط اتوبوسرانی مشغول به فعالیت می‌باشند که ۱۵۲ خط توسط شرکت‌های خصوصی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و مابقی خطوط مستقیماً توسط ناوگان دولتی اتوبوسرانی خدمات‌رسانی می‌شوند.

### نیازمندی‌های اطلاعاتی

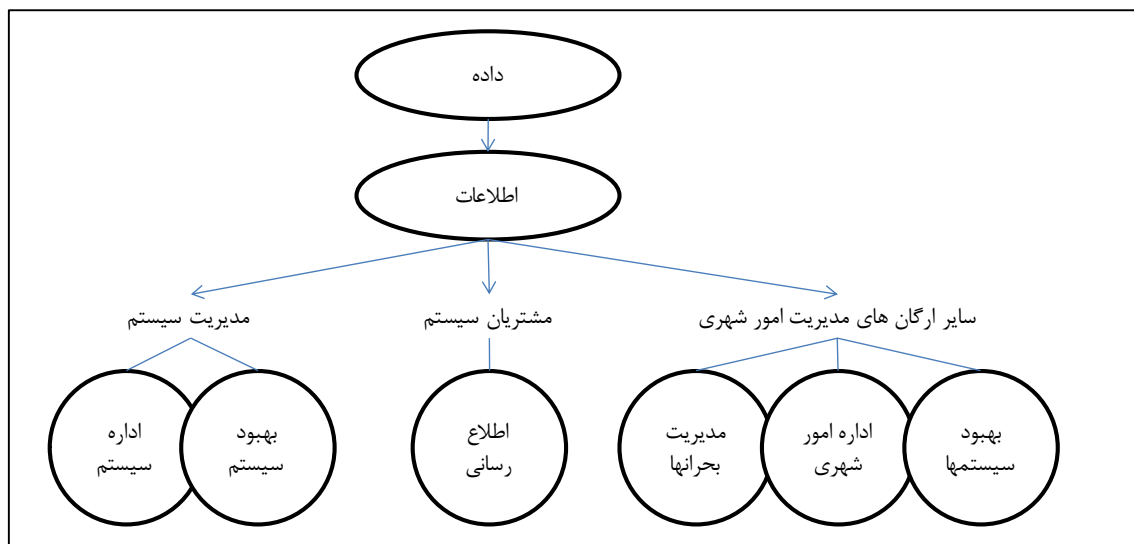
امروزه با توجه به گستردگی شهرها و افزایش جمعیت در کلان‌شهرها، سیستم‌های حمل و نقل شهری به عنوان یکی از مهمترین زیرسیستم‌های مدیریت شهری شناخته می‌شوند. اهمیت و حساسیت خدماتی که شرکت واحد اتوبوسرانی و سازمان‌های مرتبط به شهروندان ارایه می‌نمایند و یا بر ارایه مطلوب آن نظارت دارند و نقشی که این شرکت‌ها و سازمان‌ها در مدیریت امور شهری ایفا می‌نمایند، آنچنان حساس است که این شرکت را در رده پراهمیت‌ترین خدمات‌دهندگان امور شهری در تهران قرار داده است.

مدیریت موثر ترافیکی در جابجایی مسافران استفاده‌کننده از اتوبوس نیازمند داده و اطلاعاتی است که اغلب آنها از سیستم‌هایی همچون <sup>۱</sup>AVL، <sup>۲</sup>APC و <sup>۳</sup>AFC حاصل می‌شوند.

1 Automatic Vehicle Location  
2 Automatic Passenger Counting  
3 Automatic Fare Collection

### نقش اطلاعات و جمع‌آوری داده در مدیریت موثر ناوگان اتوبوسرانی شهری

سیستم‌های حمل و نقل شهری خصوصا در کلان‌شهرهایی همچون تهران از گستردگی جغرافیایی وسیعی برخوردار هستند و همین گستردگی است که می‌تواند علاوه بر ایجاد اخلال در امر نظارت و کنترل، مدیریت و اداره ناوگان را با پیچیدگی‌هایی مواجه نماید. وجود سیستم‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات که می‌توانند داده‌ها و اطلاعات کلیدی مختلفی از وضعیت عملکردی ناوگان را در اختیار هدایت‌کنندگان و مدیران آن قرار دهند می‌تواند به بهبود عملکرد بهره‌برداری از خطوط کمک شایانی نماید. از دیدگاه فنی می‌توان هر یک از اتوبوس‌های شهری را در قالب یک خدمت‌دهنده در نظر گرفت که خدمت ثابتی را به مشتریان (مسافران) ارائه می‌دهد. از دیدگاه خدمت‌گیرنده لازم است که خدمات ارائه شده از کیفیت مطلوبی برخوردار باشد. گرچه کیفیت مطلوب از دیدگاه هر مسافر با مسافر دیگر متفاوت است ولی در مجموع می‌توان یک مفهوم کلی از کیفیت مطلوب را از دیدگاه مسافران تعریف نمود. به عنوان نمونه از دیدگاه برخی از شهروندان کیفیت عمدتا می‌تواند به مفهوم راحتی سفر باشد درحالی‌که برای برخی دیگر به موقع بودن خدمات اهمیت بیشتری داشته باشد و برای برخی دیگر اطلاع از اینکه چه موقع و در چه مکانی می‌توانند به اولین اتوبوس دسترسی داشته باشند اهمیت دارد. بنابراین می‌توان گفت علاوه بر اینکه مدیران سیستم برای مدیریت موثر بر ناوگان اتوبوسرانی نیازمند اطلاعات از نحوه عملکرد هستند، مشتریان سیستم نیز به اطلاعات به عنوان یک عنصر کیفیتی می‌نگرند. به عنوان مثال در صورتیکه به مسافران منتظر در یک ایستگاه اطلاع داده شود که اتوبوس بعدی تقریبا در چه زمانی وارد ایستگاه می‌شود، آنگاه مسافران بنابر فوریت کار خود امکان تصمیم‌گیری می‌یابند که آیا منتظر بمانند یا خیر. بنابراین از آنجاکه اطلاعات می‌تواند به افراد قدرت تصمیم‌گیری صحیح بدهد در نتیجه اطلاع‌رسانی به شهروندان در سیستم‌های حمل و نقل شهری از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. شکل زیر نشان‌دهنده کاربردهای عمده‌ای است که از اطلاعات سیستم‌های حمل و نقل شهری می‌توان متصور بود.



شکل ۱- ابعاد اصلی کاربرد اطلاعات در سیستم‌های اتوبوسرانی شهری

با این حال مشخص است که فزونی داده‌ها و وجود اطلاعات نادقیق، پیچیده و یا بیش از حد حجم می‌تواند باعث کندی سیستم و ناکارآمدی شود. همانطور که از شکل ۱ مشخص است وجود داده‌ها در سیستم اتوبوسرانی شهری از دیدگاه سه ذینفع سیستم دارای اهمیت است:

الف: مدیریت سیستم

ب: استفاده‌کنندگان از سیستم اتوبوسرانی

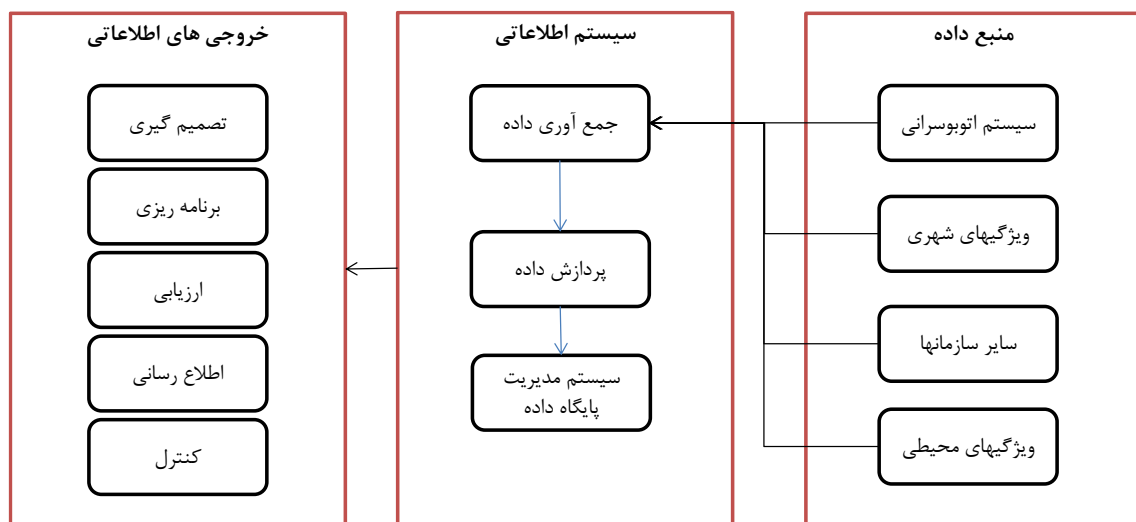
ج: سایر ارگان‌های مدیریت شهری

در ادامه اهمیت و ضرورت وجود اطلاعات از دیدگاه هریک از سه ذینفع فوق‌الذکر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### نقش داده‌ها و اطلاعات عملکردی سیستم از دیدگاه مدیران داخلی سیستم

به طور مشخص یکی از مهمترین استفاده‌کنندگان داده‌های عملکردی خطوط که توسط سیستم‌های AVL و سایر سیستم‌های اطلاعاتی جمع‌آوری می‌شوند، مدیران داخلی سیستم اتوبوسرانی هستند. با توجه به پیچیدگی‌های مدیریت یک سیستم اجتماعی می‌توان گفت که مدیریت سامانه‌های عملیاتی اتوبوسرانی بدون وجود داده‌های دقیق و موثق که در مواقع لازم در اختیار باشند عملاً غیرممکن و مبتنی بر حدس و گمان خواهد بود. پارامترهای بسیاری بر عملکرد اتوبوس‌ها تاثیرگذارند که عملاً پیش‌بینی عملکرد سیستم بدون وجود داده‌های واقعی از عملکرد اتوبوس‌ها در خطوط را غیرممکن می‌سازد. در حال حاضر بنابر ساختار اتوبوسرانی تهران که در بخش‌های قبلی مقاله مورد بررسی قرار گرفت می‌توان گفت که عملیات اتوبوس‌ها در خطوط توسط مدیران مناطق اتوبوسرانی و عمدتاً تحت نظر معاونت بهره‌برداری مدیریت می‌شود. لازم به ذکر است که داده‌ها و اطلاعات استخراج شده از عملیات اجرایی اتوبوس‌ها در خطوط نه تنها به منظور اداره روزانه خطوط اتوبوسرانی الزامی است، بلکه برای بهبود این سیستم نیز اهمیت حیاتی دارد. به عبارتی مدیران مناطق اتوبوسرانی به منظور نظارت و کنترل دقیق بر عملیات برداشت مسافر به مجموعه‌ای از اطلاعات که توسط سیستم‌های AVL جمع‌آوری می‌شود نیازمند هستند تا به واسطه مشاهده و تحلیل این اطلاعات هرگونه خطای موجود در سیستم را سریعاً شناسایی و در جهت رفع آن اقدامات لازم را انجام دهند. از طرف دیگر، برخی از داده‌های جمع‌آوری شده می‌تواند به مدیران ارشد کمک نماید تا تصمیمات استراتژیکی در زمینه بهبود خدمات‌رسانی به شهروندان اتخاذ نمایند؛ به عنوان مثال ترکیب خطوط، راه‌اندازی خطوط سریع، تغییرات در مسیرهای تردد و ... از جمله تصمیماتی است که با استفاده از داده‌های سامانه‌های اطلاعاتی همچون GPS قابل اتخاذ خواهند بود.

همانطور که از شکل ۲ مشخص است، داده‌های مختلفی از منابع مختلف جمع‌آوری شده و پس از پردازش، دسته‌بندی و جمع‌بندی به منظور تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، ارزیابی، اطلاع‌رسانی، کاربردهای پشتیبانی، کنترل و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. نهایتاً این تصمیمات، برنامه‌ها، ارزیابی‌ها و ... موجب تغییر در وضعیت فعلی (در جهت رسیدن به وضعیت مطلوب) شده و در نتیجه داده‌های ورودی تغییر خواهند کرد که نتیجه آن وجود یک دیدگاه بهبود مستمر در سیستم است.



شکل ۲- چرخه جمع‌آوری داده در سیستم‌های اتوبوسرانی شهری

## داده‌های مورد نیاز برای ایجاد اطلاعات عملکردی

در بخش قبلی تعداد نسبتاً زیادی از انواع معیارهای اطلاعاتی که نشان‌دهنده وضعیت عملکردی یک سیستم اتوبوسرانی است معرفی شد. با اینحال یک سوال همچنان باقی مانده است: «برای محاسبه هر یک از اطلاعات فوق چه داده‌هایی و از چه طریقی می‌بایست جمع‌آوری شوند؟». پاسخ به این سوال مشخص می‌کند که چه نوع سیستم‌های جمع‌آوری داده در یک سامانه اتوبوسرانی می‌بایست وجود داشته باشد. همانطور که قبلاً هم گفته شد، سیستم‌های جمع‌آوری داده در ادبیات علمی سیستم‌های اطلاعاتی عمدتاً به نام «سیستم‌های پردازش تراکنش<sup>۱</sup>» شناخته می‌شوند که در پایین‌ترین لایه‌های سازمانی یعنی لایه‌های عملیاتی فعال بوده و وظیفه اصلی آنها جمع‌آوری داده‌ها در مبدا تولید آنهاست. سیستم‌های پردازش تراکنش می‌توانند ماشینی (اتوماتیک) یا دستی باشند و همچنین این امکان وجود دارد که این سیستم‌ها داده‌ها را به صورت برخط جمع‌آوری کرده و به سیستم‌های اطلاعاتی سطح بالاتر یعنی «سیستم‌های مدیریت اطلاعات<sup>۲</sup>» یا «سیستم‌های پشتیبان تصمیم<sup>۳</sup>» منتقل نمایند یا اینکه داده‌ها را در دوره‌های زمانی مشخص و به صورت دسته‌ای مورد پردازش قرار داده و منتقل نمایند. سیستم‌های اطلاعاتی موجود در لایه‌های عملیاتی در یک سامانه اتوبوسرانی نیز از این امر مستثنی نبوده و ممکن است داده‌ها را به شکل‌های مختلفی جمع‌آوری نمایند. سیستم‌های AVL با استفاده از ابزارهایی همچون GPS می‌توانند داده‌های مختلف مکانی را به صورت خودکار و برخط مخابره نمایند. در حالیکه سیستم‌های AFC مانند سیستم کارت بلیط الکترونیک که در شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه فعال است داده‌ها را به صورت دسته‌ای در انتهای روز و یا حتی در بازه‌های زمانی طولانی‌تر تخلیه و به سیستم‌های اطلاعاتی سطح بالاتر منتقل می‌نمایند. پیش از استقرار سیستم‌های AVL نیز داده‌های عملیاتی اتوبوسرانی به واسطه سیستم دستی «تعرفه» جمع‌آوری می‌شده است که هم‌اکنون نیز تا حد زیادی در مناطق مختلف اتوبوسرانی رایج است. سیستم تعرفه علاوه بر غیربرخط بودن، اطلاعات بسیار ناقصی را از عملیات اتوبوسرانی در خطوط جمع‌آوری می‌نموده‌اند. پس از جمع‌آوری داده‌ها در لایه‌های عملیاتی، این داده‌ها پردازش شده و سیستم‌های لایه بالاتر که اهداف، استانداردها و مقادیر برنامه‌ریزی شده (مطلوب) را نیز در خود دارند مسوولیت گزارش‌گیری، جمع‌بندی و یکپارچه‌سازی داده‌ها و ایجاد اطلاعات معنی‌دار از آنها را بر عهده می‌گیرند.

## نتیجه‌گیری

در این مقاله اولین گام شناخت سیستم‌های اتوبوسرانی شهری انجام پذیرفته و جایگاه این سیستم‌ها در مدیریت شهری و همچنین مزایای بی‌شمار آن در جلوگیری از بحران‌های شهری مانند ترافیک و آلودگی‌های محیط زیست مورد بررسی قرار گرفته است. سیستم‌های مورد نیاز برای جمع‌آوری و استفاده از داده‌های اتوبوسرانی به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب آنها مورد بررسی قرار گرفته و سیستم اتوبوسرانی شهر تهران در این مقاله بررسی شده است.

همانطور که قبلاً هم گفته شد، سیستم‌های جمع‌آوری داده در ادبیات علمی سیستم‌های اطلاعاتی عمدتاً به نام «سیستم‌های پردازش تراکنش<sup>۱</sup>» شناخته می‌شوند که در پایین‌ترین لایه‌های سازمانی یعنی لایه‌های عملیاتی فعال بوده و وظیفه اصلی آنها جمع‌آوری داده‌ها در مبدا تولید آنهاست. سیستم‌های پردازش تراکنش می‌توانند ماشینی (اتوماتیک) یا دستی باشند و همچنین این امکان وجود دارد که این سیستم‌ها داده‌ها را به صورت برخط جمع‌آوری کرده و به سیستم‌های اطلاعاتی سطح بالاتر یعنی «سیستم‌های مدیریت اطلاعات<sup>۲</sup>» یا «سیستم‌های پشتیبان تصمیم<sup>۳</sup>» منتقل نمایند یا اینکه داده‌ها را در دوره‌های زمانی مشخص و

1 Transaction Process Systems (TPS)

2 Management Information Systems (MIS)

3 Decision Support Systems (DSS)

4 Transaction Process Systems (TPS)

5 Management Information Systems (MIS)

6 Decision Support Systems (DSS)

به صورت دسته‌ای مورد پردازش قرار داده و منتقل نمایند. سیستم‌های اطلاعاتی موجود در لایه‌های عملیاتی در یک سامانه اتوبوسرانی نیز از این امر مستثنی نبوده و ممکن است داده‌ها را به شکل‌های مختلفی جمع‌آوری نمایند. سیستم‌های AVL با استفاده از ابزارهایی همچون GPS می‌توانند داده‌های مختلف مکانی را به صورت خودکار و برخط مخابره نمایند. در حالیکه سیستم‌های AFC مانند سیستم کارت بلیط الکترونیک که در شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه فعال است داده‌ها را به صورت دسته‌ای در انتهای روز و یا حتی در بازه‌های زمانی طولانی تر تخلیه و به سیستم‌های اطلاعاتی سطح بالاتر منتقل می‌نمایند. پیش از استقرار سیستم‌های AVL نیز داده‌های عملیاتی اتوبوسرانی به واسطه سیستم دستی «تعرفه» جمع‌آوری می‌شده است که هم‌اکنون نیز تا حد زیادی در مناطق مختلف اتوبوسرانی رایج است. سیستم تعرفه علاوه بر غیربرخط بودن، اطلاعات بسیار ناقصی را از عملیات اتوبوسرانی در خطوط جمع‌آوری می‌نموده‌اند. محاسبه مقادیر اغلب شاخص‌های اطلاعاتی معرفی شده در بخش قبل نیازمند داده‌های جمع‌آوری شده توسط سیستم‌های اطلاعاتی مختلفی است. برخی از مهمترین سیستم‌های جمع‌آوری داده که در یک سیستم اتوبوسرانی می‌بایست فعال باشند تا بتوان داده‌های دقیق، برخط و مناسبی را دریافت نمود عبارتند از:

- سیستم‌های موقعیت‌یابی اتوماتیک وسیله نقلیه (AVL)
- سیستم‌های شمارش اتوماتیک مسافر (APC)
- سیستم‌های اتوماتیک جمع‌آوری بلیط (AFC)
- سیستم اطلاعاتی شناسنامه خط (در حالت اتوماتیک بر روی GIS)
- سیستم اطلاعاتی شناسنامه اتوبوس
- سیستم اطلاعاتی نت (نگهداری و تعمیرات)
- سیستم اطلاعاتی منابع انسانی
- سیستم اطلاعاتی مالی

در برخی موارد نیز داده‌ها بواسطه استفاده از سیستم‌های معمول قابل جمع‌آوری نیستند و یا اینکه استقرار یک سیستم اطلاعاتی به دلایل مختلف مقرون به صرفه نیست در این حالت شیوه‌های مختلفی همچون مطالعات میدانی یا برون‌سپاری جمع‌آوری داده مدنظر قرار می‌گیرند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها در لایه‌های عملیاتی، این داده‌ها پردازش شده و سیستم‌های لایه بالاتر که اهداف، استانداردها و مقادیر برنامه‌ریزی شده (مطلوب) را نیز در خود دارند مسوولیت گزارش‌گیری، جمع‌بندی و یکپارچه‌سازی داده‌ها و ایجاد اطلاعات معنی‌دار از آنها را بر عهده می‌گیرند. فارغ از اینکه چه سیستم اطلاعاتی برای جمع‌آوری داده استفاده می‌شود باید توجه شود که داده‌های جمع‌آوری شده می‌بایست ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

الف: در حد نیاز دقیق باشند

ب: در زمان مناسب موجود باشند (بسته به وجود سیستم برخط یا سیستم پردازش دسته‌ای)

ج: کافی باشند

د: تنها توسط یک سیستم جمع‌آوری شوند

ه: تنها در یک پایگاه ذخیره شوند

و: عدم وجود داده‌های تکراری و ضد و نقیض (فزونی داده‌ها)

## منابع و مأخذ

- Abdelfattah, A. M., Khan, A. M. (1998), Models for predicting bus delays. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1623 (1), pp.8-15.
- An, S. Yang, H. Wang, J. Cui, N. Cui, J. (2016), Mining urban recurrent congestion evolution patterns from GPS-equipped vehicle mobility data. *Information Sciences*, Volume 373, pp. 515-526.
- Bates, J. Polak, J. Jonesc, P. Cook, A. (2001), The valuation of reliability for personal travel. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37 (2), pp.191-229.
- Bie, Y. Gong, X., Liu, Z. (2015), Time of day intervals partition for bus schedule using GPS data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 60, pp.443-456.
- Chen Mei, Liu, X., Xia, J. (2005), Dynamic prediction method with schedule recovery impact for bus arrival time. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 208-217.
- Chen, M. Liu, X., Xia, J. (2004), A Dynamic Bus-Arrival Time Prediction Model Based on APC Data. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 19, pp.364-376.
- Chen, X. Yu, L., Zhang, Y. (2009), Analyzing urban bus service reliability at the stop, route, and network levels. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 43, pp.722-734.
- Cheung, C. Shalaby, A. S. Persaud, B. N., Hadayeghi, A. (2008), Models for safety analysis of road surface transit. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2063 (1), pp.168-175.
- Chien, S. I. Ding, Y., Wei, C. (2002), Dynamic bus arrival time prediction with artificial neural networks. *Journal of Transportation Engineering* 128 (5), pp. 429-438.
- Dailey, D. Maclean, S., Cathey, F. (2001), Transit vehicle arrival prediction: Algorithm and large-scale implementation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp.46-51.
- Derevitskiy, I., Voloshin, D. Mednikov, L., Karbovskii, V. (2016), Traffic Estimation on Full Graph of Transport Network Using GPS Data of Bus Movements, *Procedia Computer Science*, Volume 101, pp. 207-216.
- El-Geneidy, A. M. Horning, J., Krizek, K. J. (2011), Analyzing transit service reliability using detailed data from automatic vehicular locator systems, 45 (1), *Journal of Advanced Transportation*, pp. 66-79.
- Jeong, R., Rilett, R. (2004), Bus arrival time prediction using artificial neural network model. *Proceedings of The 7th International IEEE Conference*, pp. 988-993, *Intelligent Transportation Systems*.
- Lin, W. H., Zeng, J. (1999), Experimental study of real-time bus arrival time prediction with GPS data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp.101-109.
- Park, T. Lee, S., Moon, Y. J. (2004), Real time estimation of bus arrival time under mobile environment. *International Conference on Computational Science and Its Applications*, pp. 1088-1096. Springer.
- Patnaik, J. Chien, S., Bladikas, A. (2004), Estimation of bus arrival times using APC data, *Journal of Public Transportation* 7 (1), pp.1-20.
- Shalaby, A., Farhan, A. (2004), Prediction model of bus arrival and departure times using AVL and APC data, *Journal of Public Transportation* 7 (3).
- Strathman, J. G., Dueker, K. (1999), Automated bus dispatching, operations control, and service reliability: Baseline analysis. *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, 1666 (1), pp.28-36.
- Strathman, J. G. Dueker, K. J., Kimpel, T. J. (2000), Service reliability impacts of computer-aided dispatching and automatic vehicle location technology: A Tri-Met case study, *Transportation Quarterly*, 54 (3), pp.85-102.
- Strathman, J. G. Kimpel, T. J., Dueker, K. J. (2002), Evaluation of transit operations: data applications of Tri-Met's automated Bus Dispatching System. *Transportation*, 29 (3), pp.321-345.
- Tétréault, P. R., El-Geneidy, A. M. (2010), Estimating bus run times for new limited-stop service using archived AVL and APC data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44 (6), pp. 390-402.
- Tirachini, A. (2013), Estimation of travel time and the benefits of upgrading the fare payment technology in urban bus services, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* (30), pp. 239-256.
- Weigang, L., Koendjibharie, W. (2002), Algorithms for estimating bus arrival times using GPS data, in *Intelligent Transportation Systems, The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems Proceedings*, IEEE., pp.868 – 873.