معاونت عمرانی

دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورای عالی هماهنگی

ترافیک شهرهای کشور

راهنمای شناسایی خصوصیات سیستم اتوبوس تندرو (BRT)

زمستان ۱۳۸۶

مقدمه

تراکم ترافیک، استفاده بی‌رویه مردم از وسایل‌نقلیه شخصی و در نهایت آلودگی هوا، همه و همه آثار ناشی از ناکارآمدی سیستم‌های موجود حمل‌ونقل همگانی در شهرها می‌باشند. اکثر مردم برای استفاده از وسایل‌نقلیه شخصی در سفرهای داخل شهری دلایل مختلفی را بیان می‌دارند که برخی از آنها شامل: زمان سفر طولانی در وسایل‌نقلیه همگانی، عدم وجود سرویسهای کافی، عدم رضایت از خدمت‌دهی سیستم حمل‌ونقل همگانی، نارضایتی ناشی از ازدحام داخل وسیله‌نقلیه همگانی، عدم احساس اطمینان در داخل وسیله‌نقلیه همگانی ناشی از عدم توانایی راننده و نامناسب بودن مسیر حرکتی و در نهایت عدم وجود سیستم‌های مناسب اطلاع‌رسانی در داخل و یا خارج وسیله‌نقلیه همگانی می‌باشد. نیاز به یک سیستم حمل‌ونقل همگانی با کیفیت بالا به منظور از بین بردن نتایج فوق باعث شده است تا در شهرهای توسعه یافته از جمله شهرهای کشور ایالات متحده مانند نیویورک، سانفرانسیسکو و... گرایش به استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل با سرعت و کیفیت بالا افزایش یابد. در چنین شهرهایی سیستم اتوبوس تندرو بعنوان یک راهکار مؤثر و جذاب به منظور رقابت با وسایل‌نقلیه شخصی مطرح می‌باشد تا دسترسی به نقاط مرکزی شهر، مناطق مسکونی و حومه شهر برای تمامی افراد ساکن در شهرها امکان‌پذیر شود.

علیرغم مزایای زیادی که سیستم اتوبوسرانی از نظر انعطاف‌پذیری و هزینه‌های سرمایه‌گذاری پایین دارد، اما همانطور که اشاره شد کاربران این سیستم کمتر کیفیت مناسبی را در خدمات سیستم اتوبوسرانی مشاهده می‌کنند. به عنوان مثال بر اساس تجربیات بدست آمده سرعت متوسط اتوبوسها تقریباً ۶۰ درصد سرعت وسایل‌نقلیه شخصی و یا سایر سیستم‌های حمل‌ونقل خصوصی می‌باشد که ناشی از تراکم معابر شهری، چراغهای راهنمایی و سوار و پیاده کردن مسافران است.

سرمایه‌گذاری کم در زیرساختها، تجهیزات، توسعه‌های عملکردی و فن‌آوری می‌تواند بستری را برای ایجاد سیستم‌های اتوبوس تندرو فراهم نماید بطوریکه عملکرد سیستم اتوبوس به کیفیت مطلوب برسد.

۱– مطالعه و بررسی نقش سیستم اتوبوس تندرو در حمل‌ونقل شهری

۱-۱- معرفی سیستم اتوبوس تندرو در حمل‌ونقل شهری

از آنجایی که طراحی و اجرای اجزای سیستم اتوبوس تندرو بسیار گسترده است تعاریف گوناگونی در مورد سیستم اتوبوس تندرو ارائه شده است که برخی از آنها در ادامه بیان شده‌اند:

- مفهوم سیستم اتوبوس تندرو از دیدگاه Federal Transit Administration:

«سیستم اتوبوس تندرو شامل ترکیبی از تجهیزات، سیستم‌ها و وسایل‌نقلیه می‌باشد که تأثیر و کارآیی خدمات سیستم اتوبوس معمولی را تا حد زیادی برای کاربران افزایش می‌دهد»

- مفهوم سیستم اتوبوس تندرو از دیدگاه Transportation Cooperative Research Program:

«سیستم اتوبوس تندرو یک روش سریع حمل‌ونقل همگانی می‌باشد که با بکارگیری ایستگاه‌ها، وسایل‌نقلیه چرخ لاستیکی، برنامه سرویس‌دهی، مسیرهای حرکتی و سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در یک سیستم ترکیبی، مجموعه‌ای قدرتمند را برای جابجایی مناسب مسافران تشکیل می‌دهد. اجزاء سیستم اتوبوس تندرو با نوع عملکرد و محیط بکارگیری این سیستم قابل تطبیق می‌باشند و این سیستم می‌تواند در مناطق گوناگون بصورت مناسب اجرا گردد»

مبدأ پیدایش سیستم اتوبوس تندرو را می‌توان در امریکای لاتین جستجو کرد، در جائیکه طراحان حمل‌ونقل به دنبال راهکار مناسبی از نظر هزینه برای مقابله با وضع دشوار حمل‌ونقل شهری بودند. افزایش سریع مراکز شهری در امریکای لاتین در اواسط دهه ۱۹۷۰، مشکلات زیادی را برای مسئولان حمل‌ونقل شهری ایجاد نمود. رشد زیاد مهاجرت به شهرها و افزایش جمعیت شهرها و همچنین وجود منابع محدود مالی باعث شد تا مسئولین و طراحان شهری در امریکای لاتین با مشکلات عدیده‌ای مواجه شوند و به منظور مقابله با مشکلات مربوط به حمل‌ونقل به دنبال یک سیستم جدید حمل‌ونقل شهری باشند. راهکاری که در نهایت

مورد تأیید مسئولین امر قرار گرفت ایجاد سیستم اتوبوس تندرو بود، سیستمی که بعنوان متروی زمینی شناخته می‌شد و نسبت به اتوبوسهای معمولی مزایای زیادی را به همراه داشت.

سیستم اتوبوس تندرو (BRT) با اسامی دیگری نیز شناخته می‌شود که از جمله آنها می‌توان به سیستم اتوبوس با ظرفیت بالا[1]، سیستم اتوبوس با کیفیت بالا[2]، مترو – اتوبوس[3] و سیستم اتوبوس اکسپرس[4] اشاره نمود.

۱-۲- بررسی جایگاه سیستم اتوبوس تندرو در حمل‌ونقل شهری

هنگامیکه شهرها رشد می‌کنند و گسترش می‌یابند، نیاز است تا مدهای حمل‌ونقلی که عملکرد بهتری دارند و خدمات مطلوب‌تری را ارائه می‌دهند، توسعه یابند. از نقطه‌نظر صاحب‌نظران حمل‌ونقل همگانی، سیستم حمل‌ونقل همگانی در یک شهر به سه گروه طبقه‌بندی می‌شود که عبارتند از: حمل‌ونقل همگانی پایه[5]، حمل‌ونقل همگانی نیمه سریع یا با عملکرد متوسط[6] و حمل‌ونقل همگانی سریع یا با عملکرد بالا[7].

این طبقه‌بندی بر اساس نحوه ناوبری، دستگاه‌های کنترلی، وسایل‌نقلیه، زیرساختها و ظرفیت مسیر انجام گرفته است. هر کدام از این گروه‌ها شامل یک یا چند مُد جداگانه می‌باشند. سیستم حمل‌ونقل همگانی پایه شامل سیستم اتوبوس معمولی، اتوبوس برقی و تراموا، سیستم حمل‌ونقل همگانی نیمه سریع (با عملکرد متوسط) شامل سیستم اتوبوس تندرو، سیستم قطار سبک و سیستم‌های حمل‌ونقل دارای ناوبری خودکار[8] و در نهایت سیستم حمل‌ونقل سریع (با عملکرد بالا) شامل سیستم قطار سبک سریع[9]، مترو و سیستم ریلی محلی[10] می‌باشند.

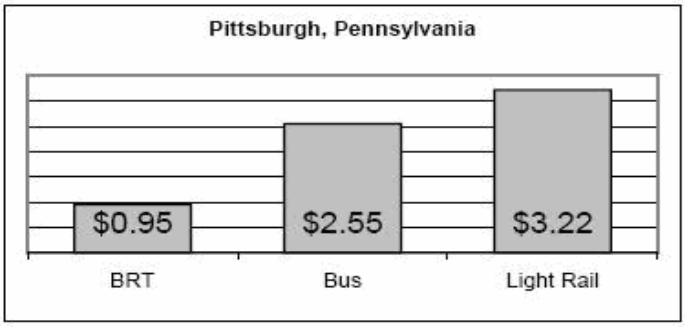
---

1. High-Capacity Bus System
2. High-quality Bus System
3. Metro-Bus
4. Express Bus System
5. Basic
6. Medium-Performance
7. High-Performance
8. Automated Guided Transit (AGT)
9. Light Rail Rapid Transit (LRRT)
10. Regional Rail

انتخاب نوع و نحوه اجرای هر کدام از این مدها به شرایط موجود در شهر مورد نظر و منابع بودجه بستگی دارد. بعنوان مثال در امریکا و کانادا، سیستم سریع اتوبوس معمولاً در شهرهایی با جمعیت بالاتر از ۷۵۰,۰۰۰ نفر موفق بوده است. این نظریه که سیستم‌های با عملکرد بالا در همهٔ شهرها بهتر از سیستم‌های دیگر عمل می‌کنند، نظریه درستی نمی‌باشد بلکه هر شهر از نظر خصوصیات اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی که تأثیر مستقیمی بر روی نحوه استفاده مسافران شهری از سیستم حمل‌ونقل همگانی دارند با شهرهای دیگر متفاوت است. از یک دیدگاه دیگر می‌توان صرفاً مزایا و معایب هر سیستم را با سیستم دیگر مقایسه نمود که این مسئله بصورت کلی و در همه شهرها صادق است. در ادامه سعی شده است مقایسه مختصری بین سیستم اتوبوس تندرو و سیستم قطار سبک از نگاه کلی که جزء سیستم حمل‌ونقل همگانی با عملکرد متوسط می‌باشند، انجام شود. سیستم سریع اتوبوس در مقایسه با دیگر سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی نیمه سریع از هزینه پایینی برخوردار است. این امر هم از نظر هزینه‌های سرمایه‌گذاری (خرید وسایل‌نقلیه، ساخت ایستگاه‌ها و...) و هم از نظر هزینه‌های بهره‌برداری صادق است.

از آنجایی که زمان سفر در سیستم اتوبوس تندرو کاهش می‌یابد این سیستم می‌تواند تعداد مسافر بیشتری را در یک زمان معین جابجا نماید که این مسئله منجر به کاهش هزینه‌های بهره‌برداری به ازای هر مسافر می‌شود. این هزینه‌ها در مقایسه با هزینه‌های سیستم قطار سبک مقدار کمتری می‌باشند. اگرچه سیستم قطار سبک به ازای هر مسافر، خدمه کمتری را در اختیار دارد اما از نظر هزینه، هنگامی نسبت به سیستم اتوبوس تندرو به صرفه‌تر است که قطار سبک با تمامی ظرفیت یا نزدیک به آن مورد بهره‌برداری قرار گیرد. همچنین هزینه‌های نگهداری سیستم قطار سبک که شامل نگهداری خطوط ریلی، خطوط برق‌رسانی و ایستگاه‌های زیرزمینی می‌شود نسبت به سیستم اتوبوس تندرو بالاتر است. همانطور که گفته شد سیستم اتوبوس تندرو از نظر هزینه‌های سرمایه‌گذاری نیز از سیستم‌های مشابه مانند قطار سبک کمتر است. زیرا نیازی به سرمایه‌گذاری زیادی برای ایجاد زیرساختهای مورد نیاز مانند خطوط ریلی و برق‌رسانی ندارد.

در ادامه صرفاً برای آگاهی از تجارب شهرهای دیگر مثالهایی ذکر می‌شود. از نظر هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری در شهر پیتزبورگ[1] ایالت پنسیلوانیای امریکا، مقایسه‌ای بین سیستم‌های اتوبوس معمولی، اتوبوس تندرو و قطار سبک انجام گرفته است که نتایج آن در شکل (۱-۱) مشخص می‌باشد. همانطور که در شکل (۱-۱) مشخص است سیستم BRT از هزینه نگهداری و بهره‌برداری پایین‌تری نسبت به سایر سیستم‌های با عملکرد پایین و متوسط برخوردار می‌باشد.



شکل (۱-۱): هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری به ازای هر مسافر در شهر پیتزبورگ

در امریکای لاتین سیستم‌های اتوبوس تندرو با هزینه نسبتاً مناسب فراهم شده است: ۱/۰۰ تا ۳/۵ میلیون دلار امریکا به ازای هر کیلومتر که در مقایسه با هزینه متروهای زیرزمینی – ۶۵ تا ۲۰۷ میلیون دلار امریکا به ازای هر کیلومتر – بسیار مناسب‌تر می‌باشد. نکته دیگری که لازم به ذکر است اینست که در امریکای لاتین بعد از ایجاد زیرساختهای اتوبوس تندرو، هزینه‌های بهره‌برداری سیستم از طریق دریافت کرایه‌ها، که در حدود ۰/۵ دلار امریکا به ازای هر سفر است، تأمین می‌شود. از نظر حجم جابجایی مسافر سیستم اتوبوس تندرو نسبت به سیستم ریلی سبک، مسافر بیشتری را جذب و جابجا نموده است که قابل مقایسه با حجم جابجا شده توسط سیستم‌های ریلی شهری می‌باشد. در شهرهایی مانند سائوپولوی برزیل و بوگوتا در کلمبیا، این سیستم با استفاده از خطوط ویژه توانسته است در حدود ۳۵۰۰۰ مسافر را در هر ساعت و در هر جهت جابجا نماید.

1. Pittsburg

علاوه بر خصوصیات هزینه‌ای که اشاره شد سیستم اتوبوس تندرو و قطار سبک مزایا و معایب دیگری نیز دارند. سیستم اتوبوس تندرو دارای مزایای: ۱- انعطاف‌پذیری بیشتر نسبت به قطار سبک، ۲- امکان اجرای مقطعی و مرحله به مرحله و ۳- امکان بهره‌برداری موقت تا زمان تکمیل سیستم قطار سبک، می‌باشد که هر کدام در ادامه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

سیستم سریع اتوبوس نسبت به سیستم قطار سبک از انعطاف‌پذیری بالاتری برخوردار است. این بدان معناست که سیستم اتوبوس تندرو می‌تواند به تغییراتی که در کاربری زمین و تغییر مراکز تجاری و اداری و در نتیجه تغییر الگوی سفر و مسافران ایجاد می‌شود با افزایش یا کاهش ظرفیت پاسخگو باشد. همچنین مسیر حرکت سیستم اتوبوس تندرو می‌تواند منطبق با چگونگی توسعه شهری و رشد شهر شود و در مواقع لزوم مسیر حرکت این سیستم کاملاً تغییر نماید.

بعنوان مثال اگر در نزدیکی مسیر سیستم اتوبوس تندرو توسعه‌ای انجام گیرد مسیرهای انشعابی می‌توانند برای سرویس دادن به نقاط مذکور ایجاد شوند، بدون اینکه باعث مختل شدن خدمات خط اصلی گردد. ایجاد چنین سرویسهایی بطور مستقیم در سیستم قطار سبک امکان‌پذیر نیست و در این سیستم باید از اتوبوسهای خطی برای جابجایی مسافران از مناطق فوق تا خط اصلی قطار سبک استفاده نمود. در طولانی مدت نیز در صورتیکه رشد تقاضا باعث به صرفه شدن ایجاد سیستم قطار سبک شود می‌توان از خطوط ویژه سیستم اتوبوس تندرو برای ریل‌گذاری استفاده نمود و خطوط سیستم اتوبوس تندرو را به مسیرهای موازی انتقال داد.

نکته‌ای دیگر که می‌توان بیان داشت اینست که سیستم اتوبوس تندرو در مواقعی که مشکلی در مسیر حرکت پدیدار می‌شود، قابلیت مانور حرکتی بیشتری دارد. بعنوان مثال اتوبوس‌ها می‌توانند هنگامیکه در مسیر حرکتی خود با اتوبوس از کار افتاده‌ای برخورد نمایند به راحتی از کنار آن عبور کنند، در صورتیکه این مسئله برای سیستم قطار سبک امکان‌پذیر نیست یعنی هنگامیکه قطاری با مشکلی مواجه شود باعث ایجاد تأخیر در قطارهای دیگر می‌گردد. بنابراین اثرات از کار افتادگی وسیله‌نقلیه در سیستم اتوبوس تندرو محدود می‌باشد در صورتیکه همین امر در قطار سبک می‌تواند قسمتی از خدمات را با مشکل مواجه کند.

سیستم‌های اتوبوس تندرو از نظر چگونگی اجرا و بهره‌برداری نیز نسبت به سیستم قطار سبک برتری دارند. در ساخت سیستم اتوبوس تندرو نیازی نیست تا تمامی اجزاء مورد نیاز برای بهره‌برداری از این سیستم بطور کامل فراهم شوند بلکه می‌توان تکمیل اجرا و به روز کردن اجزاء آن را بصورت مرحله به مرحله و در طول زمان انجام داد. به عنوان مثال اولویت‌بندی چراغ‌های راهنمایی و بکارگیری اتوبوسهای با کف پایین[1] که ظرفیت و سرعت این سیستم را افزایش می‌دهند می‌توانند به تدریج به سیستم اضافه شوند، در صورتیکه متخصصان حمل‌ونقل بیان می‌کنند که تمامی قسمتهای سیستم قطار سبک باید اجرا و آزمایش شوند تا بتوان از این سیستم بهره‌برداری نمود. البته باید به این نکته نیز توجه شود که حداقل‌هایی نیز برای ایجاد سیستم باید در نظر گرفت تا کارآیی آن با مشکل مواجه نشده و در دیدگاه مردم نظریه سیستم اتوبوس تندرو زیر سؤال نرود.

از مزایای دیگر این سیستم می‌توان به امکان بهره‌برداری موقت از سیستم اتوبوس تندرو تا زمان تکمیل دیگر سیستم‌ها مثل مترو اشاره نمود. به علت هزینه سرمایه‌گذاری پایین و زمان ساخت کوتاه سیستم اتوبوس تندرو، مسافران می‌توانند تا زمانیکه خطوط مترو یا قطار سبک به اتمام برسند از سیستم اتوبوس تندرو برای سفرهای خود استفاده نمایند.

1. Low floor bus

BRT System Elements

۲- شناسایی اجزای اصلی سیستم اتوبوس تندرو

۲-۱- بررسی خصوصیات مسیر حرکت

سیستم اتوبوس تندرو همانند وسایل‌نقلیه مد ریلی که بر روی ریل حرکت می‌کنند، در مسیرهای حرکتی و هدایتی با ویژگی‌های متفاوت حرکت می‌نماید. در حقیقت مسیرهای حرکت، یکی از کلیدی‌ترین اجزاء سیستم‌های اتوبوس تندرو می‌باشند بطوریکه می‌توانند بر طراحی و برنامه‌ریزی دیگر اجزاء تأثیر بسزایی داشته باشند. هدف اصلی از ایجاد مسیرهای حرکتی برای سیستم اتوبوس تندرو، فراهم نمودن فضایی برای عملکرد وسایل‌نقلیه این سیستم می‌باشد بطوریکه وسایل‌نقلیه بتوانند بدون تأخیر و برخورد با وسایل‌نقلیه دیگر، خدمات بهتر و مطمئن‌تری را به مسافران ارائه دهند.

مسیر حرکت سیستم اتوبوس تندرو دارای ۳ خصوصیت بارز می‌باشد که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند و عبارتند از:

- میزان و چگونگی تفکیک مسیر حرکت
- نحوه علامت‌گذاری مسیر حرکت
- روشهای هدایت جانبی

۲-۱-۱- میزان و چگونگی تفکیک مسیر حرکت

چگونگی تفکیک مسیر حرکت از بقیه ترافیک وسایل‌نقلیه اصلی‌ترین پارامتر در طراحی مسیر حرکت می‌باشد. مسیرهای حرکتی می‌توانند بر اساس میزان دسترسی (نحوه تفکیک مسیر) و یا نوع تسهیلات طبقه‌بندی شوند. در جدول (۲-۱)، طبقه‌بندی مسیرهای حرکت این سیستم از نظر میزان دسترسی ارائه می‌شود. در این طبقه‌بندی مسیرهای حرکت به ۵ گروه طبقه‌بندی شده‌اند که پیشرفته‌ترین حالت آن خطوط ویژه کاملاً مجزای غیرهمسطح (رده I) و ابتدایی‌ترین حالت آن خطوط حرکتی موجود در خیابانهای شریانی با ترافیک مختلط (رده V) می‌باشد.

جدول (۲-۱): طبقه بندی مسیرهای حرکت براساس نحوه و میزان تفکیک

رده دسترسی	کنترل دسترسی	نوع تسهیلات
I	جریان غیرمنقطع-کنترل کامل دسترسی	تونل‌های ویژه اتوبوس مسیر ویژه غیرهمسطح خطوط ویژه در آزادراه‌ها
II	کنترل منقطع دسترسی	مسیر ویژه همسطح
III	خطوط جداشده فیزیکی در حریم خیابان	مسیر ویژه میانی در شریانی‌ها
IV	خطوط انحصاری/ نیمه انحصاری	خطوط ویژه همسو یا خلاف جهت جریان ترافیک
V	ترافیک مختلط	

مسیرهای حرکت می‌توانند خدمات سیستم اتوبوس را در مناطق مرکزی شهر و همچنین مناطق مسکونی ارائه دهند. در مجموع، مسیرهای حرکت بر اساس فاکتورهایی از قبیل ۱- تسهیلات ویژه برای اتوبوسها، ۲- نحوه قرارگیری خطوط ویژه (کناری یا میانی)، ۳- جهت حرکت جریان (همسو یا خلاف جهت)، ۴- نوع ترافیک (فقط اتوبوس، اتوبوس و تاکسی، و اتوبوس با وسایل‌نقلیه حمل کالا) و ۵- کنترل ترافیک (پارکینگ، کنترل گردش و زمان‌بندی چراغها)، انواع گوناگونی دارند. بر این اساس مسیرهای حرکتی به گروه‌های ۱- ترافیک مختلط، ۲- خطوط ویژه که خود در برگیرندهٔ خطوط ویژه همسو با جریان[1]، خطوط ویژه داخلی همسو با جریان[2]، خطوط ویژه خلاف جهت[3] و خطوط ویژه میانی[4] می‌باشند، ۳- مسیرهای ویژه میانی در شریانی‌ها[5]، ۴- مسیرهای ویژه همسطح[6] و ۵- مسیرهای ویژه غیر همسطح[7] تقسیم‌بندی می‌شوند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

☑ مسیرهای حرکت در ترافیک مختلط

1. Concurrent Flow Curb Bus Lanes
2. Concurrent Flow-Interior Bus Lanes
3. Contra Flow Curb Bus Lanes
4. Median Bus Lanes
5. Arterial Median Bus ways
6. At-Grade Bus ways
7. Grade-Separated Bus ways

در شرایطی که موانع فیزیکی، محیطی و ترافیکی، اجرای خطوط ویژه و یا مسیرهای ویژه اتوبوسها را امکان‌پذیر نسازند و همچنین اتوبوسها قادر باشند تا در خیابانها با سرعت مناسب عبور نمایند، سیستم اتوبوس تندرو می‌تواند در خیابان‌های موجود و به صورت مختلط با جریان کلی ترافیک فعالیت نماید. در اصل، خطوط مشترک پایه‌ای ترین مسیر حرکت سیستم اتوبوس تندرو می‌باشد.

مزایایی که این حالت دارد اینست که به هزینه‌های اجرایی و سرمایه گذاری پایینی نیاز دارد و اجرای آن سریع می‌باشد. با این حال این مسئله می‌تواند سرعت اتوبوسها، قابلیت اطمینان خدمات و مقبولیت این سیستم را کاهش و زمان تأخیر را افزایش دهد و بهتر است این نوع مسیر حرکت بصورت خیلی محدود در خطوط ارتباطی سیستم اتوبوس سریع به کار گرفته شود.

راهکارهایی که می‌توان برای کاهش تأخیر این نوع مسیر اعمال نمود بصورت خلاصه در زیر معرفی شده‌اند.

توقفگاه پیش آمده اتوبوس[1]

در برخی ایستگاه‌ها به منظور تسهیل در امر پهلوگیری اتوبوسها و همچنین جلوگیری از توقف وسایل‌نقلیه دیگر، در محل ایستگاه‌ها، مکان ایستادن مسافران را بصورت پیش آمده در حریم خیابان ایجاد می‌نمایند. توقفگاه‌های پیش آمده مزایایی به همراه دارند که عبارتند از: ۱- ایجاد فضای بیشتر برای توقف مسافران در ایستگاه، ۲- کاهش عرض خیابان برای عبور ایمن مسافران، ۳- حذف حرکت جانبی اتوبوسها در هنگام ورود و خروج به ایستگاه، ۴- حذف تأخیرهای ناشی از بازگشت مجدد اتوبوسها به خطوط جریان ترافیک در هنگام خروج از ایستگاه، ۵- جداسازی افراد منتظر در ایستگاه و افرادی که در پیاده‌رو در حال رفت و آمد هستند. شکل (۲-۱) نمای کلی یک توقفگاه پیش آمده را نشان می‌دهد.

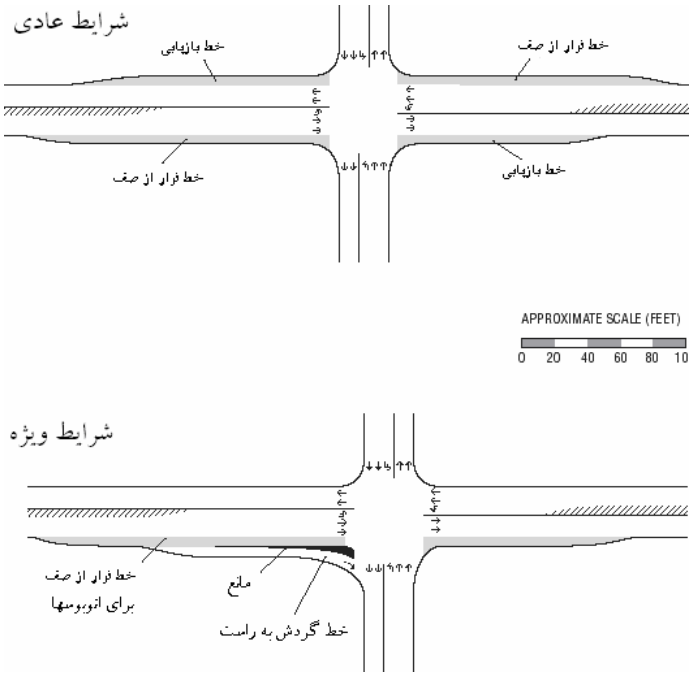
1. Bus Bulb

شکل (۲-۱): نمای یک توقفگاه پیش آمده

شرایطی که منجر می‌شود تا ایجاد توقفگاه‌های پیش آمده به صرفه شوند شامل: ۱- رفت و آمد زیاد اتوبوسها ۲- حجم زیاد مسافران سوار و پیاده شده ۳- وجود پیاده‌رو ۴- لزوم کاهش سرعت سایر وسایل نقلیه (از توقفگاه پیش آمده اتوبوس می‌توان به عنوان وسیله‌ای برای آرام‌سازی ترافیک سایر وسایل نقلیه استفاده نمود.) ۵- وجود حداقل ۲ خط دیگر برای عبور جریان کلی ترافیک از کنار اتوبوس متوقف شده و ۶- وجود مشکل در بازگشت اتوبوسها به جریان کل ترافیک در هنگام خروج از ایستگاه، می‌باشند.

مسیرهای فرار از صف

خطوط مشترک حرکتی اتوبوسها با سایر وسایل نقلیه می‌توانند با استفاده از مسیرهای فرار از صف اصلاح شوند. مسیرهای فرار از صف معمولاً در تقاطعات چراغدار و یا سایر مکانهایی که ازدحام ترافیک در زمان اوج ترافیک وجود دارد (مانند مکانهایی که عرض خطوط کاهش پیدا می‌کند یا در پلها و...) ایجاد می‌شوند. این مسیرها می‌توانند بصورت مشترک با گردش به راست مورد استفاده قرار گیرند. با این حال زمانی که حجم گردش به راست زیاد باشد خطوط گردش به راست و فرار از صف باید بصورت جداگانه فراهم شوند. به منظور ورود راحت اتوبوسها به مسیرهای فرار از صف، ورودی این مسیرها باید به حد کافی از تقاطع دور باشند. نمای کلی از هر دو مسیر فرار از صف در شکل (۲-۲) نشان داده شده است.



شکل (۲-۲): نمای کلی مسیرهای فرار از صف

☑ خطوط ویژه

همانطور که قبلاً گفته شد خطوط ویـژه یکـی از گـروه‌هـای مسیرهای حرکتی می باشـند کـه خـود دارای انـواع گونـاگونی هستند که در ادامه بطور مفصل معرفی مـی‌شـوند. در حقیقـت خط ویژه اتوبوس، یک خط ترافیکی در یک خیابان می‌باشد کـه به عبور اتوبوسها تخصیص یافته است. در کریدورهایی که امتداد مسیر سیستم اتوبوس تندرو با مسیر یک خیابان شریانی همسو مـی‌باشـند، خطـوط ویـژه مـی‌تواننـد گزینـه مناسبی از نظر سرعت و قابلیت نسبت به خطوط مشترک با دیگر وسایل‌نقلیه بـرای سیـستم اتوبـوس تنـدرو باشند.

مزیتی که خطوط ویژه اتوبوس دارند اینست که به اتوبوسها این امکان را می‌دهند تا بتوانند در نواحی پر ترافیک مانند تقاطعات، بدون آنکه با تأخیری روبرو شوند به حرکت خود ادامه دهند. لازم به ذکر است زمانی این نوع اولویت‌بندی تأثیر محسوس خود را نشان خواهد داد که تعداد مسافرانی که از طریق سیستم اتوبوسرانی جابجا می‌شوند نسبت به تعداد مسافرانی که توسط وسایل‌نقلیه دیگر جابجا می‌شوند بیشتر باشد.

✓ خطوط ویژه حاشیه‌ای همسو با جریان ترافیک

خطوط ویژه همسو با جریان معمولترین نوع راهکارهای اولویت‌دهی به اتوبوسها می‌باشند که جریان عبوری سیستم اتوبوس تندرو را تسریع می‌بخشند. در اصل، این خطوط برای تسهیل حرکت اتوبوس در مناطق مرکزی شهرها از طریق تفکیک مسیر حرکت آنها از جریان کلی ترافیک استفاده می‌شوند.

شکل (۲-۳): نمای خط ویژه، سانفرانسیسکو

چنانچه در مسیری خط ویژه اتوبوس بطور مشخص وجود نداشته باشد، می‌توان خط مخصوص پارکینگ را برای ساعتهای اوج به اتوبوسها اختصاص داد. این روش، یکی از روشهای متداول مدیریت ترافیک بشمار می‌رود و می‌تواند تأثیرات مناسبی را بر روی ترافیک اعمال نماید. به علت اینکه در این حالت، ایستگاه‌ها اتوبوس معمولاً در کنار خط قرار دارند و به همین دلیل تأخیری برای خارج شدن از ایستگاه و وارد شدن به خط عبوری به اتوبوس وارد نمی‌شود.

از نقطه نظر میزان تأثیر تعداد وسایل‌نقلیه بر طراحی این نوع خط ویژه می توان گفت، زمانی که عرض خیابان و الگوی مسیر اجازه دهد و حجم اتوبوس در حالت اوج از ۹۰ اتوبوس در ساعت تجاوز کند، باید دو خط اتوبوس ایجاد گردد. این مسئله باعث می‌شود، عبور اتوبوسها از کنار یکدیگر بصورت ایمن انجام گردد و زمان سفر اتوبوسها کاهش پیدا کند.

خطوط ویژه حاشیه‌ای می‌توانند از طریق خطوط ممتد سفید، آسفالت کردن خطوط با مصالح و ترکیبهای مختلف و یا گاهی اوقات جداول برجسته، مجزا شوند. در مناطقی که گردش به راست برای سایر وسایل نقلیه مجاز می‌باشد خط ممتد سفید باید به خط منقطع سفید تبدیل گردد.

خطوط ویژه حاشیه‌ای در بین انواع مسیرهای حرکتی کمترین هزینه اجرا و کم دردسرترین نحوه اجرا را به خود اختصاص داده است. این امر بدان علت است که اجرای این خطوط تقریباً با علامت‌گذاری روسازی و یا تابلوهای اطلاع‌رسانی در خیابان انجام می‌شود. این خطوط نسبت به دیگر مسیرهای حرکتی فضای خیابان را کمتر اشغال می‌کنند. با وجود مزایایی که این گروه از خطوط دارند اما اغلب این خطوط نسبت به مسیرهای دیگر کمترین صرفه‌جویی زمان سفر و یا جذب مسافر را به همراه دارند. از نظر اعمال قانون، به علت اینکه نیاز دسترسی به مکانهای تجاری کنار خیابان وجود دارد، محدودیت دسترسی از طریق قانون کار مشکلی است و می‌تواند توقف حاشیه‌ای توسط سایر وسایل نقلیه در مسیر سیستم اتوبوس سریع صورت پذیرد و این مسأله باعث اختلال حرکت اتوبوس‌ها گردد.

- ✓ **خطوط ویژه خلاف جهت حرکت**

گزینه دیگری که می‌توان بعنوان مسیر حرکت در نظر گرفت خط ویژه خلاف جهت جریان ترافیک می‌باشد. این خط ویژه خطی است که برخلاف جهت جریان در خیابان‌های معمولاً یکطرفه کشیده شده‌اند. این خطوط می‌توانند مسیرهای مستقیمی را برای اتوبوسها در مناطقی که خیابان‌های یکطرفه نیز در شبکه راه‌ها وجود دارند، فراهم نمایند.

خطوط ویژه عادی خلاف جهت جریان باید حداقل ۳/۷ متر عرض داشته باشند اما مناسب‌ترین حالت خطوط با عرض ۴ تا ۴/۵ متر می‌باشند تا بتوان فضایی نیز برای ایستادن افرادی که در وسط معبر (حدفاصل مسیر اتوبوس و مسیر سایر وسایل نقلیه) قرار گرفته‌اند و قصد عبور از جریان ترافیک مقابل را دارند، فراهم گردد. حرکت گردش به چپ جریان ترافیک مقابل حتی‌الامکان باید محدود شود و صرفاً در محل‌هایی انجام شود که دارای چراغ راهنمایی می‌باشند و دارای زمان مخصوص گردش به چپ هستند.

به علت اینکه معمولاً در خیابان‌های یک طرفه‌ای که دارای خط ویژه خلاف جهت می‌باشند، عابران پیاده در ابتدا بر اساس عادت، شرایط خیابان‌های یک طرفه را در نظر می‌گیرند، لذا برای حفظ ایمنی عابران باید

اقدامات پیشگیرانه‌ای در نظر گرفته شوند تا احتمال تصادفات کاهش یابد. بر این اساس تابلوها و علائم ویژه‌ای نیاز است تا در محل‌های اصلی عبور عابران پیاده نصب گردند.

✓ خطوط ویژه داخلی همسو با جریان

در بعضی شرایط و مکان‌هایی که پارک حاشیه‌ای باید حفظ شود، خطوط ویژه همسو با جریان ترافیک باید در مجاورت خط پارک در خیابان‌های یکطرفه و دو طرفه ایجاد شوند. نمونه چنین مسیرهایی در مرکز شهر اتاوا و در طول خیابان واشنگتن[1] در شهر بوستون برای سیستم اتوبوس تندرو بوستون[2] اجرا شده است. شکل (۲-۴) قسمتی از مسیر حرکت سیستم اتوبوس تندرو شهر بوستون را نشان می‌دهد که در آن خطی مخصوص پارک حاشیه‌ای در نظر گرفته شده است.

شکل (۲-۴): خط ویژه داخلی همسو با جریان در بوستون، ایالات متحده

✓ خطوط ویژه میانی

معمولاً در مسیرهایی که عرض کافی دارند، خطوط ویژه اتوبوس می‌توانند در وسط خیابان یا شریان تعبیه شوند. برای تمایز خطوط ویژه میانی با دیگر خطوط عبوری می‌توان از رنگهایی در این خطوط استفاده نمود. دسترسی به خطوط ویژه میانی در طول مسیر بصورت پیوسته امکان‌پذیر است و به همین خاطر اعمال

1. Washington Street
2. Silver Line BRT

مقررات مشکل می‌باشد اما در مقابل، در صورتیکه اتوبوسی در خط ویژه خراب شود، اتوبوسهای دیگر با تغییر مسیر و استفاده از خطوط عبوری وسایل‌نقلیه دیگر می‌توانند به مسیر خود ادامه دهند.

شکل (۲-۵): خط ویژه میانی در شهر روئن، فرانسه

☑ مسیرهای ویژه میانی در شریانی ها

مسیرهای ویژه نیز همانند خطوط ویژه معمولاً در مسیرهایی که عرض کافی دارند، اجرا می‌شوند. تنها فرقی که بین خطوط ویژه و مسیرهای ویژه می‌باشد وجود موانع فیزیکی برای تفکیک مسیر ویژه از خطوط عبوری جریان کلی ترافیک و محدود نمودن دسترسی است. گاهی اوقات نیز به عنوان مسیر حرکتی تراموای شهری و یا سیستم ریلی سبک استفاده می‌شوند. مشکل دسترسی عابران پیاده به ایستگاه‌ها و گردش به چپ وسایل‌نقلیه نیز از جمله مسائلی هستند که مسیرهای ویژه میانی با آنها در ارتباط می‌باشند. لازم به ذکر است که مسیرهای ویژه میانی از نظر مسیر حرکتی و ایستگاه‌ها جذابیت خاصی را برای کاربران به همراه دارند. همچنین در مسیرهای ویژه میانی به علت آنکه بصورت فیزیکی جدا شده‌اند، اعمال مقررات راحت‌تر است و به همین دلیل نمای مطلوب‌تری از سیستم اتوبوس تندرو را به نمایش می‌گذارد. برای احداث هر کدام از این مسیرها حداقل به عرضی معادل ۳ تا ۴ خط عبوری نیاز است تا بتوان خطوط عبوری و ایستگاه‌ها را در این فضا ایجاد نمود. شکل (۲-۶) نمونه‌ای از مسیر ویژه میانی را نشان می‌دهد.

شکل (۲-۶): نمایی از مسیر ویژه میانی در شهر بوگوتا، کلمبیا

☑ مسیرهای ویژه حاشیه‌ای همسطح

در بعضی از مناطق شهری می‌توان مسیرهایی برای حمل‌ونقل همگانی ایجاد نمود که صرفاً وسایل‌نقلیه سیستم حمل‌ونقل همگانی بتوانند در آن عبور نمایند. اینگونه مسیرها به علت اینکه وسایل‌نقلیه سیستم اتوبوس تندرو را از جریان کلی ترافیک بطور کامل مجزا می‌سازند و امکان دسترسی وسایل‌نقلیه دیگر به این مسیر را از طریق موانع فیزیکی از بین می‌برند، امکان افزایش و بهبود سرعت، قابلیت اطمینان و ایمنی را برای سیستم اتوبوس تندرو فراهم می‌نمایند. تنها نقطه تلاقی خطوط مجزای همسطح با خطوط عبوری وسایل‌نقلیه دیگر در تقاطعات می‌باشد.

شکل (۲-۷): مسیر ویژه همسطح در شهر بریسبن، استرالیا

☑ مسیرهای ویژه غیرهمسطح

سطح این نوع مسیرهای ویژه اتوبوس اغلب دارای اختلاف ارتفاع با مسیر سایر وسایل نقلیه می‌باشند و به همین دلیل کاملاً بصورت مجزا طراحی می‌گردند و جذاب‌ترین نوع مسیر حرکتی را برای سیستم اتوبوس سریع فراهم می‌نماید. مسیرهای ویژه باعث می‌شوند تا اتوبوسها خدمات خود را سریع و مطمئن ارائه دهند بطوریکه سرعت خدمات آنها قابل مقایسه با خدمات سیستم ریلی سریع باشد. این مسیرها مطلوبیت بالایی را فراهم می‌کنند و می‌تواند توسعه اراضی مجاور مسیر را نیز به همراه داشته باشند.

مسیرهای ویژه، اتوبوسها را از دیگر انواع ترافیک جدا می‌سازد و شامل تسهیلات پارکینگ و نقاط کمکی تبادل مسافر- اتوبوس نیز می‌باشند. این مسیرها می‌توانند در ارتفاع بالاتر و یا پایین‌تر (مثل تونلها) اجرا شوند. همچنین می‌توانند بصورت کاملاً منفرد و یا در حریم آزادراه‌ها احداث گردند.

شکل (۲-۸): مسیر ویژه غیر همسطح در شهر پیتزبورگ، ایالات متحده

۲-۱-۲- علامت‌گذاری مسیر حرکت

علامت‌گذاری مسیر حرکت می‌تواند از طریق روشهای مختلفی از جمله علامت‌گذاری روی آسفالت، مشخص‌کننده‌های مسیر[1]، ترکیبها و بافتهای مختلف روسازی و رنگ‌های مختلف روسازی انجام پذیرد که در اینجا سه روش اصلی به اختصار بیان شده‌اند:

1. Lane delineators

- **استفاده از تابلوها و علائم**

تابلوها و علائم، اساسی‌ترین روش برای علامت‌گذاری و اعلام خطوط ویژه سیستم اتوبوس تندرو می‌باشند. نماد خطوط ویژه سیستم اتوبوس تندرو لوزی شکل می‌باشد و این مفهوم را دارد که خودروهای شخصی باید از ورود به خطی که دارای علامت لوزی می‌باشد، اجتناب نمایند.

علائم و تابلوهای مربوط به این خطوط در مناطقی که مسیر سیستم حمل‌ونقل همگانی و یا خطوط ویژه اتوبوس در شریانی‌ها واقع می‌باشند، در تقاطع‌ها در تمامی جهات نصب می‌شوند.

- **مشخص کننده‌های برجسته مسیر**

مشخص‌کننده‌های مسیر مانند برجسته نمودن آسفالت، خطوط رنگی[1]، لبه‌های برجسته[2] و یا برآمدگی‌هایی[3] در روسازی می‌توانند خطوط عبوری جریان کلی وسایل‌نقلیه را از مسیر حرکت سیستم اتوبوس تندرو متمایز نمایند.

- **رنگها و بافتهای گوناگون روسازی**

اجرای رنگهای مختلف روسازی بوسیله آسفالتها یا بتن رنگی می‌تواند خطوط ویژه‌ای را که برای منظورهای مختلف تعبیه شده‌اند را از دیگر خطوط متمایز نماید و باعث کاهش تداخلهای وسایل‌نقلیه مختلف با خودروهای عبوری ویژه در این خطوط شوند. در شکل (۲-۹) انواع علامت‌گذاری برای مشخص نمودن مسیر حرکت سیستم اتوبوس سریع نشان داده شده است.

1. Colored Line
2. Raised Curb
3. Bumps

(الف) (ب) (ج)

شکل (۲-۹): الف): نمونه تابلو، (ب): نمونه‌ای از جداکننده، (ج): نمونه‌ای از کاربرد رنگ در روسازی

۲-۱-۳- هدایت جانبی

این مشخصه، حرکت جانبی وسایل‌نقلیه سیستم اتوبوس سریع را که در مسیر حرکت در حال عبور هستند را کنترل می‌نماید. برای هدایت جانبی وسایل‌نقلیه سیستم اتوبوس تندرو سه روش اصلی وجود دارد که هر کدام از این روشها نیازمند سرمایه‌گذاری در بخش وسایل‌نقلیه و مسیرهای حرکت می‌باشد. سیستم‌های هدایت می‌توانند بگونه‌ای مناسب در طول مسیر حرکت و یا در مکان‌های ویژه‌ای مانند محلهای عبوری باریک، قوس‌های با شعاع کم و یا محلهای نزدیک به ایستگاه‌ها به منظور پهلوگیری یا خارج شدن از ایستگاه‌ها تعبیه شوند.

- **هدایت نوری[1]**

سیستم‌های هدایت نوری شامل حسگرهای نوری ویژه‌ای که بر روی وسیله‌نقلیه نصب می‌شوند تا بتوانند علائمی که بر روی روسازی به منظور مشخص نمودن مسیر حرکت وسیله‌نقلیه نصب شده‌اند را ردیابی نمایند. نمونه‌ای از سیستم‌های هدایت نوری اجرا شده در شکل (۲-۱۰) نشان داده شده است.

در این سیستم هدایت، تنها چیزی که نیاز است تا در مسیر حرکت قرار گیرد دو خط موازی بصورت منقطع می‌باشد که در مرکز مسیر حرکت وسیله‌نقلیه بر روی روسازی کشیده شود. لازم به ذکر است سیستم‌های الکترونیکی/ مکانیکی پیچیده‌ای نیز باید بر روی هر وسیله‌نقلیه عبوری از خطوطی که دارای سیستم هدایت نوری می‌باشند نصب گردد.

- **هدایت الکترو مغناطیسی**

1. Optical Guidance

سیستم هدایت الکترومغناطیسی شامل اجرای نشانگرهای مغناطیسی یا الکتریکی مانند سیستم القایی الکترو- مغناطیسی و یا مغناطیس‌هایی که در روسازی نصب شده‌اند، می‌باشد.

حسگرهایی که در وسایل‌نقلیه نصب شده‌اند از طریق ردیابی نشانگرهایی که در روسازی قرار گرفته‌اند، وسیله‌نقلیه را در مسیر خود هدایت می‌کند. این نوع سیستم هدایت نیازمند یک طرح بسیار پیچیدهٔ منظم برای نصب نشانگرها در روسازی می‌باشد.

- **هدایت مکانیکی**

سیستم هدایت مکانیکی در بین انواع سیستم‌های هدایت جانبی از نظر سرمایه‌گذاری تجهیزات در مسیر حرکت، بیشترین هزینه را تحمیل می‌نماید اما کمترین تجهیزات را از نظر سیستم‌های مورد نیاز در وسیله‌نقلیه دارا می‌باشد. در این نوع سیستم، هدایت وسایل‌نقلیه توسط یک ارتباط فیزیکی بین مسیر حرکت و سیستم فرمان وسیله‌نقلیه انجام می‌گیرد.

(الف)

(ب)

(ج)

شکل (۲-۱۰): الف): سیستم هدایتهای نوری، (ب): سیستم‌های هدایت مغناطیسی، (ج): سیستم هدایت مکانیکی

۲-۲- بررسی مشخصات و معیارهای ایستگاه‌ها

۲-۲-۱- کلیات

توقفگاه‌ها[1]، ایستگاه‌ها[2] و پایانه‌های[3] اتوبوس، پل ارتباطی بین مسافران و سیستم اتوبوس تندرو می‌باشند. این تسهیلات باید مناسب، راحت، ایمن و قابل دسترس برای عابران پیاده و افراد ناتوان جسمی طراحی شوند. همچنین باید جایگاه سیستم اتوبوس تندرو را در جامعه حفظ کنند و بهبود بخشند و در عین حال با محیط و کاربری‌های اطراف هماهنگ باشند. طراحی تسهیلات سیستم اتوبوس تندرو بسیار شبیه به سیستم قطار سبک می‌باشد بطوریکه دو مد فوق می‌توانند بصورت گسترده از تسهیلات یکدیگر که اغلب در سطح می‌باشند، استفاده نمایند.

۲-۲-۲- فاصله‌بندی و مکان‌یابی ایستگاه‌ها

بعنوان یک قاعده کلی، ایستگاه‌های اتوبوس تندرو بخصوص در خطوط اصلی باید به اندازه کافی از یکدیگر فاصله داشته باشند و تا حد امکان این فواصل باید زیاد باشند. این مسئله در تأمین سرعت‌های بالای ارائه خدمات و کاهش زمان سفر اهمیت دارد. با این حال فاصله‌بندی ایستگاه‌ها می‌تواند با توجه به نوع مسیر حرکت، میزان و چگونگی توسعه و پوشش منطقه تغییر نماید. یک فاصله‌بندی پیشنهادی در جدول (۲-۲) برای ایستگاه‌های سیستم اتوبوس تندرو آورده شده است.

جدول (۲-۲): فواصل معمول بین ایستگاه‌های سیستم اتوبوس تندرو

شیوه برای دسترسی به ایستگاه	فاصله (متر)
پیاده‌روی	۴۰۰-۶۰۰
اتوبوس معمولی	۸۰۰-۱۶۰۰
اتومبیل	۳۰۰۰

1. Bus Stop
2. Bus Station
3. Bus Terminal

بطور کلی، دسترسی به ایستگاه توسط شیوه پیاده‌روی اغلب در نواحی مرکزی شهر انجام می‌گیرد و دسترسی توسط اتومبیل نیز اغلب در نواحی حومه شهر مشاهده شده است. در کل، قوانین وضع شده راجع به فواصل بین ایستگاه‌ها بصورت دقیق و لازم‌الاجرا می‌باشند.

ایستگاه‌ها باید در مراکزی که جمعیت زیادی رفت و آمد می‌کنند از قبیل مناطق تجاری، مجتمع‌های اداری بزرگ و مراکز شغلی، دانشگاه‌ها و دبیرستانها، مراکز تفریحی و فرهنگی و مناطق مسکونی بزرگ، احداث شوند.

۲-۲-۳- طراحی ایستگاه

در این بخش طراحی اجزای توقفگاه‌ها، ایستگاه‌ها و پایانه‌ها که شامل روشنایی، ایمنی و امنیت، امکانات برای مسافران، موضوعات برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری و راهکارهایی برای حذف موانع جهت دسترسی افراد ناتوان می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته است.

- مسائل برنامه‌ریزی بهره‌برداری

مسائل برنامه‌ریزی بهره‌برداری تأثیر بسزایی در طراحی ایستگاه‌ها و مسیرهای حرکت سیستم اتوبوس تندرو دارند. طبیعت انعطاف‌پذیر و گسترده سیستم اتوبوس تندرو، مسائل و چالش‌هایی را ایجاد می‌نمایند که کمتر در مدهای دیگر حمل‌ونقل همگانی مشاهده شده‌اند. دو موضوع از مسائل برنامه‌ریزی بهره‌برداری که اهمیت بیشتری دارند شامل موارد زیر می‌شوند.

- *نیازمندیهای سکوها*. اطلاعات مهمی که می‌تواند نقش بسزایی داشته باشند شامل تعداد سکوهای پهلوگیری مورد نیاز جهت ارائه و افزایش کارآیی خدمات (برای مثال تعیین اینکه آیا امکان پهلوگیری در سکوها باید بصورت برنامه‌ریزی شده باشد و یا مسیرهای مختلف به سکوهای خاص تخصیص داده شوند بطوریکه ورودی‌ها و خروجی‌های جداگانه‌ای برای هر سکو باید در نظر گرفته شوند) و نوع خدمات می‌باشند.

- *قابلیت عبور*. برنامه بهره‌برداری سیستم اتوبوس تندرو معمولاً دارای سرویس اکسپرس (که در تعدادی از ایستگاهها توقف دارد) و سرویس معمولی (که در تمامی ایستگاه‌ها توقف دارند) می‌باشد. به همین دلیل لازم است تا اتوبوس‌های سرویس اکسپرس بتوانند از کنار اتوبوس‌هایی که در ایستگاه‌ها توقف نموده‌اند به راحتی عبور نمایند. ایجاد خطوط عبوری جهت مسیرهای ویژه اتوبوس که در حریم‌های مجزا ایجاد شده‌اند و یا در مسیرهای ویژه میانی در شریانی‌ها مطلوب است.

- امکانات مسافران

پذیرش عمومی سیستم اتوبوس تندرو می‌تواند تحت تأثیر تجربه منفی خدمات اتوبوس معمولی قرار گیرد. به منظور غلبه بر تصور منفی عمومی از سیستم اتوبوس تندرو می‌توان امکاناتی را برای مسافران ایجاد نمود که تسهیلات بسیاری را برای مسافران سیستم اتوبوس تندرو با اولویت بالا به همراه داشته باشند. برخی از امکاناتی که می‌توان اجرا نمود شامل موارد زیر می‌باشند:

- *سرپناه‌ها*. سرپناه‌ها باید در تمامی ایستگاه‌ها و پایانه‌های سیستم اتوبوس تندرو فراهم شوند. در حالت ایده‌آل، سرپناه‌ها باید سرتاسر سکوها را پوشش دهند بطوریکه تمام محلهای ورود به وسایل‌نقلیه تحت حمایت سرپناه‌ها قرار گیرند. سرپناه‌ها در مناطق گرمسیر و مناطق آفتابی، سایه‌های گسترده‌ای را فراهم می‌نمایند و همچنین مسافران را در تمامی مناطق آب و هوایی از بارش باران و برف محفوظ نگه می‌دارند. به منظور ایجاد حفاظ‌هایی در برابر باد، باید سرپناه‌ها حداقل در یک سمت دارای شیشه محافظ باشند. لازم به ذکر است در مناطق سردسیر، سرپناه‌ها باید حداقل در سه جهت شیشه‌های محافظ باد داشته باشند. همچنین سرپناه‌ها باید از مصالح در دسترس، بادوام، مقاوم در برابر تخریب و در عین حال با نگهداری آسان برای بهره‌برداران ساخته شوند.

شکل (۲-۱۱): نمایی از یک سرپناه

- *اطلاع‌رسانی به مسافران*. تمامی توقفگاه‌ها و ایستگاه‌های سیستم اتوبوس تندرو باید حداقل دارای برخی از انواع سیستم‌های اطلاع‌رسانی به مسافران باشند. برخی از اینگونه سیستم‌ها عبارتند از:
  - علائم و اشکال گرافیکی

علائم برجسته شناسایی ایستگاه، نقشه مسیرهای حمل‌ونقل همگانی و نقشه‌های مناطق محلی هر منطقه باید در هر ایستگاه مربوط به منطقه مورد نظر نصب شود، بطوریکه استفاده از آنها برای تمامی افراد امکان‌پذیر باشد. در علائم و اشکال گرافیکی باید ایستگاه‌های سیستم اتوبوس تندرو از دیگر ایستگاه‌های اتوبوس معمولی متمایز شده باشند. در مواقعی که امکان تبلیغات در ایستگاه‌ها فراهم شده است، باید تبلیغات در محلی خاص و با شکل مشخصی انجام شود تا تداخلی با علائم اطلاع‌رسانی و یا جهت‌یابی ایجاد نشود. علائم لامسه‌ای[1] و اطلاع‌رسانی صوتی نیز می‌تواند در ایستگاه‌ها برای افرادی که از نظر بینایی مشکل دارند، تعبیه شوند.

  - اطلاع‌رسانی بوسیله سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل

در مبادی ورودی ایستگاه‌ها و در سکوها باید تابلوهای پیام متغیر[2] که اطلاعات را بصورت همزمان بیان می‌دارند، نصب شوند تا اطلاعات راجع به زمان رسیدن اتوبوس بعدی، برنامه زمان‌بندی

1. Tactile Signage
2. Variable Message Signs

اتوبوس‌ها و میزان تأخیر اتوبوس‌ها را به مسافران اعلام نمایند. این امکانات نیازمند ملاحظات ویژه‌ای در کل سیستم می‌باشد تا بتواند جوابگوی نیاز مسافران باشد.

- مبلمان خیابانی

در توقفگاه‌ها و ایستگاه‌ها، هر زمان که ممکن باشد باید برای مسافران منتظر، امکاناتی برای نشستن و یا تکیه دادن و همچنین سطل زباله جهت تمیزی ایستگاه‌ها در نظر گرفته شوند.

- بقیه امکانات و تسهیلات

علاوه بر امکانات گفته شده، تسهیلات دیگری نیز می‌توان در ایستگاه‌ها تعبیه نمود که از جمله آنها می‌توان به محل پارک دوچرخه، باجه‌های خودکار روزنامه‌فروشی و تلفن‌های همگانی اشاره نمود. این امکانات باید با توجه به فضای ورودی و سکوهای ایستگاه‌ها در نظر گرفته شوند و همچنین در ایستگاه‌های مناسبی اجرا شوند. در ایستگاه‌های بزرگ و یا در پایانه‌ها علاوه بر تسهیلات فوق باید امکانات دیگری از قبیل محل آبخوری، استراحتگاه و خدمات تفریحی مانند رستوران، جایگاه فروش وسایل مختلف و دستگاه‌های خودپرداز بانکها تعبیه شوند.

شکل (۲-۱۲): نمایی از ایستگاه اتوبوس تندرو

- دسترسی به ایستگاه

میزان دسترسی به ایستگاه نحوهٔ ارتباط سیستم اتوبوس تندرو به محیط اطراف سیستم را بیان می‌دارد. دسترسی ایستگاه می‌تواند دسترسی عابران پیاده به کاربری‌های اطراف را تأمین نماید و همچنین از طریق فراهم نمودن پارکینگ‌های وسیع می‌تواند ارتباط مناسبی با مناطق محلی برقرار شود. نوع تسهیلات پارکینگ

و فضایی که برای پارک اتومبیل‌ها در نظر گرفته می‌شود باید با میزان کاربری‌های اطراف ایستگاه و خدماتی که ارائه می‌شود همخوانی داشته باشد. فراهم نمودن پارکینگ در ایستگاه‌های مناسب سیستم اتوبوس تندرو می‌تواند در زمان کل سفر مسافرانی که با اتومبیل شخصی از خارج از محدوده ایستگاه وارد محوطه ایستگاه می‌شوند صرفه‌جویی کند و همچنین میزان دسترسی ایستگاه را بهبود بخشد. راه‌های دسترسی ایستگاه موارد گوناگونی می‌باشند که از جمله آنها می‌توان به گزینه‌های زیر اشاره نمود:

- **تسهیلات پارک سوار**[1]

محوطه‌های پارک سوار این امکان را به ایستگاه‌ها، بخصوص ایستگاه‌هایی که توسعه چندانی نداشته‌اند، می‌دهند تا مسافران را در یک منطقه وسیع اطراف ایستگاه جذب سیستم اتوبوس تندرو نمایند. از آنجایی که خدمات می‌توانند بدون تداخل با مسیر اصلی حرکت وسایل نقلیه همگانی ارائه شوند، تسهیلات پارک سوار می‌توانند در خارج از مسیر حرکت سیستم اتوبوس سریع ایجاد شوند. این چیدمان می‌تواند خدمات سیستم اتوبوس تندرو را با محوطه‌های موجود پارکینگ مرتبط سازد و باعث کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری شود.

- **مسیر ارتباطی عابران پیاده**

نقش مسیرهای ارتباطی عابران پیاده مانند پیاده‌روها، پلهای هوایی و گذرگاه‌های مخصوص عابران پیاده از نظر ایجاد ارتباط فیزیکی بین ایستگاه‌های سیستم اتوبوس تندرو با محوطه‌های اطراف، ساختمان‌ها و مراکز فعالیت بسیار مهم می‌باشند.

1. Park-and-Ride

(ب) (الف)

شکل (۲-۱۳)، (الف): نمایی از پارک سوار، ایالات متحده؛ (ب): نمایی از گذرگاه عابر پیاده

۲-۲-٤- انواع اصلی ایستگاه

از نظر ابعاد و پیچیدگی‌های اجرایی، ایستگاه‌های سیستم اتوبوس تندرو به انواع گوناگونی تقسیم‌بندی می‌شوند که برخی از آنها عبارتند از: ایستگاه ساده، ایستگاه اصلاح شده[1]، ایستگاه‌های اختصاصی[2] و پایانه‌های تبادل چند مُد.

- **ایستگاه ساده**

این نوع ایستگاه ساده‌ترین شکل ایستگاه‌ها می‌باشد. این نوع ایستگاه از یک ایستگاه معمولی با یک سرپناه ساده (تهیه شده از مواد در دسترس) تشکیل شده است که این سرپناه مسافرانی که منتظر رسیدن اتوبوس در ایستگاه می‌باشند را از تغییرات آب و هوایی تا حدودی مواظبت می‌نماید. در مجموع این نوع ایستگاه کمترین هزینه سرمایه‌گذاری را نیاز دارد و البته کمترین سطح مطلوبیت مسافران را در بین انواع ایستگاه‌ها به خود اختصاص می‌دهد.

1. Enhanced
2. Dedicated

شکل (۲-۱۴): نمایی از یک ایستگاه ساده، شهر سن پابلو

- **ایستگاه‌های اصلاح شده**

ایستگاه‌های اصلاح شده سیستم اتوبوس تندرو شامل سرپناه‌های اصلاح شده، که معمولاً برای سیستم اتوبوس تندرو طراحی شده‌اند و برای تمایز سیستم اتوبوس تندرو از ایستگاه‌های دیگر مدهای حمل‌ونقل همگانی تعبیه شده‌اند، به همراه امکانات دیگر از قبیل روشنایی مناسب و نصب حفاظهای بیشتر برای جلوگیری از تأثیر تغییرات آب و هوایی می‌باشد. این نوع ایستگاه سیستم اتوبوس تندرو اغلب دارای المانهای طراحی دیگری از قبیل دیوارهای شیشه‌ای یا مواد شفاف، روکش‌های تولید شده از مواد با کیفیت و امکانات بیشتر برای رضایت مسافران مانند صندلی، سطل زباله و تلفن‌های همگانی می‌باشند.

شکل (۲-۱۵) : نمایی از یک ایستگاه اصلاح شده، شهر لس‌آنجلس

- **ایستگاه‌های اختصاصی**

ایستگاه‌های اختصاصی سیستم اتوبوس تندرو شامل تسهیلاتی برای سوار و پیاده شدن از روی سکوهای همسطح و یکسری از امکانات ویژه مسافران از قبیل خدمات خرده فروشی کالاها و مجموعه کاملی از تسهیلات اطلاع‌رسانی به مسافران می‌باشند.

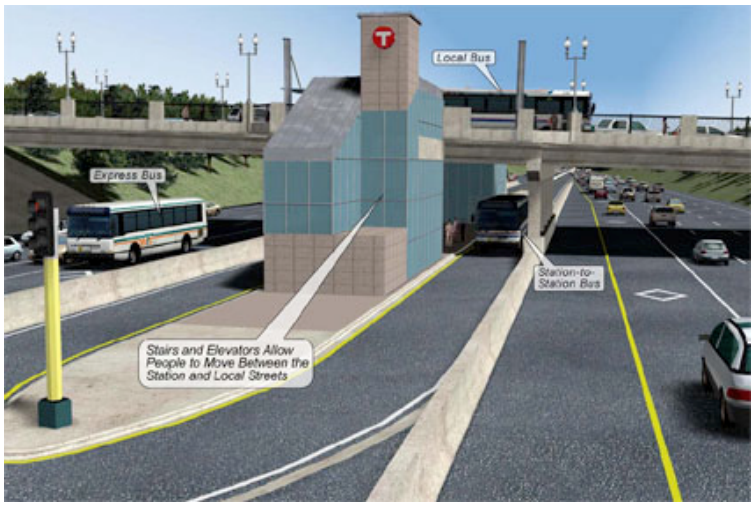
هزینه‌ها در ایستگاه‌هایی که کمترین هزینه را دارند صرف سایبان، سکو، حصار ایستگاه و دسترسی عابران پیاده می‌شود. در ایستگاه‌هایی که هزینه اجرایی بالاتری دارند این هزینه به سکوها و سایبان‌های طولانی‌تر، سازه‌های بزرگتر ایستگاه و امکانات بیشتر برای مسافران صرف می‌شود.

شکل (۲-۱۶): نمایی از یک ایستگاه اختصاصی، شهر کوریتیبا، برزیل

- **پایانه‌های تبادل چند مُد[1] یا مرکز حمل‌ونقل همگانی[2]**

پایانه‌های تبادل بین چند مُد یا مرکز حمل‌ونقل همگانی پیچیده‌ترین و پر هزینه‌ترین نوع ایستگاه در بین انواع گفته شده می‌باشد. این نوع ایستگاه سیستم اتوبوس تندرو، اغلب دارای سکوهای همسطح برای سوار شدن و مجموعه‌ای از امکانات جانبی می‌باشند که امکان جابجایی و انتقال مسافران را از خدمات سیستم اتوبوس تندرو به اتوبوس‌های محلی و بقیه مدهای حمل‌ونقل همگانی مانند سیستم ریلی، اتوبوس‌ها و قطارهای داخل مرکز شهر امکان‌پذیر می‌سازد.

1. Intermodal Terminal
2. Transit Center



شکل (۲-۱۷): نمایی از یک پایانه تبادل چند مُد

۲-۳- بررسی مشخصات و معیارهای وسایل‌نقلیه

۲-۳-۱- کلیات

براساس نظر برخی کارشناسان، وسایل‌نقلیه مهمترین جزء از نگاه کاربران و غیرکاربران در کیفیت سیستم اتوبوس تندرو می‌باشند. همچنین وسایل‌نقلیه نقش مهمی را در تعیین نحوه اجرای واقعی سیستم اتوبوس تندرو در موارد سرعت، قابلیت اطمینان و هزینه بر عهده دارند. موارد گفته شده از دیدگاه کاربران و در مجموع جامعه و همچنین در چگونگی بهره‌برداری از سیستم اهمیت بسیاری دارند. برخی از ویژگی‌های وسیله‌نقلیه سیستم اتوبوس سریع که بر روی جامعه تأثیرگذار است عبارتند از:

۱- ظرفیت، ابعاد خارجی

۲- نمای داخلی

۳- درها

۴- ارتفاع کف

۵- سیستم پیشران

۶- سیستم هدایت

۷- نمای خارجی، مشخصات ظاهری

۲-۳-۲- ظرفیت و ابعاد خارجی

نتایجی که از بررسی میزان تقاضای سفر در سیستم اتوبوس تندرو بر روی ۲۶ شهر دارای این سیستم بدست آمده است نشان می‌دهند که تقاضای سفر با سیستم اتوبوس سریع در این شهرها بسیار زیاد بوده و در بعضی موارد به مقدار ۲۰,۰۰۰ یا بیشتر مسافر در ساعت نیز رسیده است. در چنین شرایطی از نقطه نظر هزینه‌های تعمیر و نگهداری و یا ظرفیت سیستم، بکارگیری وسایل‌نقلیه با ظرفیت بالا (برای مثال اتوبوس‌های مفصلی) با ظرفیت کل (نشسته+ ایستاده) حداقل ۶۵ نفر ضروری به نظر می‌رسد.

جدول (۲-۳) ظرفیت و ابعاد خارجی را برای وسایل‌نقلیه مورد استفاده در سیستم اتوبوس تندرو در کشورهای آمریکا و کانادا نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که تراکم در نظر گرفته شده، برابر ۳ نفر ایستاده در هر متر مربع اتوبوس می‌باشد.

جدول (۲-۳): ظرفیت و ابعاد وسایل‌نقلیه سیستم اتوبوس تندرو در کشورهای آمریکا و کانادا

طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع کف (سانتیمتر)	تعداد درها	تعداد صندلی‌ها	حداکثر ظرفیت (نشسته+ ایستاده)
۱۲	۲/۴۵-۲/۶۰	۳۳-۹۲	۲-۵	۳۵-۴۴	۵۰-۶۰
۱۴	۲/۴۵-۲/۶۰	۳۳-۹۲	۲-۵	۳۵-۵۲	۶۰-۷۰
۱۸	۲/۵-۲/۶۰	۳۳-۹۲	۴-۷	۳۱-۶۵	۸۰-۹۰
۲۴	۲/۵-۲/۶۰	۳۳-۹۲	۷-۹	۴۰-۷۰	۱۱۰-۱۳۰

۲-۳-۳- نمای داخلی

نمای داخلی وسایل‌نقلیه سیستم اتوبوس تندرو از نظر راحتی مسافران و همچنین ظرفیت وسیله‌نقلیه قابل توجه است. همانطور که اشاره شد ظرفیت کلی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد که مجموعه‌ای از عوامل مرتبط با وسیله‌نقلیه می‌باشند که در این مجموعه نمای داخلی و چیدمان داخلی یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار است. سهولت و روانی در سوار و پیاده شدن و همچنین حرکت در داخل وسیله‌نقلیه می‌تواند زمان توقف را کاهش دهد. در طرح نمای داخلی معمولاً فضای خالی در اطراف درها جهت

ایستادن و یا جابجایی مسافران در داخل وسیله‌نقلیه در نظر گرفته می‌شود. این فضا جهت سوار و پیاده شدن مسافران و همچنین به عنوان محلی برای قرارگیری کالسکه نوزادان، دوچرخه و صندلی چرخدار به منظور فراهم نمودن امکانات برای تمام اقشار جامعه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در مناطقی که طول سفرها کوتاه می‌باشد، توجه برنامه‌ریزان و طراحان بیشتر بر روی افزایش ظرفیت و راحتی جابجایی در وسیله‌نقلیه معطوف است تا افزایش صندلی‌ها برای نشستن مسافران. سیاست بسیاری از مسئولان حمل‌ونقل همگانی بر این پایه استوار است که در سفرهای با زمان طولانی، هیچکدام از مسافران نباید بیش از ۲۰ تا ۳۰ دقیقه ایستاده باشند. در این حالت است که فضای داخلی بر اساس حداکثر نمودن تعداد صندلی‌ها طراحی می‌شود.

(ب) **(الف)**

شکل (۲-۱۸): الف): فضای داخلی وسیله‌نقلیه در شهر روئن، فرانسه و (ب): فضای داخلی وسیله‌نقلیه در شهر لس‌آنجلس، ایالات متحده

۲-۳-٤- درها

- تعداد، عرض

صرفنظر از چگونگی جمع‌آوری کرایه‌ها، تعداد درهای مناسب می‌تواند باعث کاهش زمان خدمات‌دهی به مسافران و توقف در ایستگاه شود. درهای عریض‌تر به نسبت درهای کم عرض‌تر اصطکاک کمتری را بین مسافران در حالت سوار و پیاده شدن ایجاد می‌نماید و اگر چنانچه عرض درها مناسب باشد، مسافران می‌توانند

با سهولت بیشتر سوار یا پیاده شوند و یا بصورت همزمان پیاده یا سوار گردند. درهای متعدد می‌توانند باعث توزیع بهتر مسافران در وسیله‌نقلیه شوند بطوریکه بتوان از ظرفیت موجود وسیله‌نقلیه حداکثر استفاده را نمود.

در تعیین تعداد راه‌های ورود و خروج وسیله‌نقلیه، بصورت تخمینی، برای سرویس‌هایی که از گذرگاه‌های مرکز شهر به نواحی حومه بصورت شعاعی فعالیت می‌کنند و همچنین سیستم جمع‌آوری کرایه در خارج از وسیله‌نقلیه برقرار است، باید به خاطر داشت که به ازای هر ۳ متر طول وسیله‌نقلیه باید حداقل یک دَر جهت ورود و خروج در نظر گرفته شود. در گذرگاه‌هایی که حجم مسافر زیاد است و میزان سوار و پیاده شدن قابل توجه می‌باشد، تعداد بیشتری ورودی و خروجی در هر ۳ متر طول وسیله نقلیه باید در نظر گرفت.

شکل (۲-۱۹): نحوه قرارگیری درهای وسیله‌نقلیه مورد استفاده در شهر پکن، چین

۲-۳-۵- ارتفاع طبقه

وسایل‌نقلیه سیستم اتوبوس تندرو دارای یکی از سه ارتفاع: ۱- پایین، ۲- تا حدی پایین و ۳- بلند می‌باشند. ارتفاع کف در حالت ارتفاع پایین معمولاً بین ۲۸ تا ۳۳ سانتی‌متر از سطح روسازی می‌باشد در صورتیکه کف وسایل‌نقلیه با ارتفاع بلند معمولاً ۶۰ تا ۸۵ سانتی‌متر از سطح روسازی فاصله دارد.

برخی از روش‌هایی که می‌توان جهت از بین بردن اختلاف ارتفاع و فاصله بکار برد شامل پل‌ها یا دَرپوش‌های فلزی که بر روی دَر وسیله‌نقلیه تعبیه می‌شوند، می‌باشند که در سیستم‌های اتوبوس تندرو با حجم جابجایی بالا در آمریکای جنوبی (کویتو، کوریتیبا و بوگوتا) مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

شکل (۲-۲۰): نمونه‌ای از پل‌های فلزی مورد استفاده در وسیله‌نقلیه، پکن

وسایل‌نقلیه با کف پایین دارای مزایای بسیاری می‌باشند که از جمله آنها می‌توان به کاهش زمان سوار و پیاده شدن اشاره نمود.

۲-۳-۶- سیستم‌های پیشران

استفاده از وسایل‌نقلیه‌ای که دارای آلودگی صوتی و هوایی کمتری می‌باشند در سیستم اتوبوس تندرو بویژه در مسیرهایی که در مناطقی نزدیک به مراکز تجاری شهر و یا در هسته مرکزی شهر خدمات‌دهی می‌کنند بسیار مطلوب است.

پذیرش عمومی سیستم اتوبوس تندرو در مواقعی که میزان حجم این وسایل‌نقلیه در یک معبر به بیش از ۱۰۰ وسیله در ساعت می‌رسد، ارتباط مستقیمی با میزان آلودگی هوا و صوت این وسایل پیدا خواهد کرد. در آمریکای شمالی سه نوع اصلی سیستم‌های پیشران در سیستم اتوبوس تندرو مورد استفاده قرار گرفته است که عبارتند از:

۱- موتورهای درون‌سوز، با سیستم انتقال هیدرولیکی

۲- موتورهای دوگانه‌سوز، دیزل– الکتریکی

۳- موتورهای درون‌سوز، هیبرید الکتریکی

۲-۳-۷- سیستم هدایت

وسایل‌نقلیه هدایت شونده در صورتیکه به همراه ایستگاه‌هایی که دارای سکوهای همتراز با کف وسیله‌نقلیه می‌باشند، مورد استفاده قرار گیرند می‌توانند باعث کاهش قابل توجه زمان سوار و پیاده شدن شوند بطوریکه این زمان با زمان مُدهای دیگر از جمله سیستم قطار سبک و یا مترو می‌تواند برابری نماید.

چنانچه پهلوگیری به گونه‌ای انجام شود تا هیچگونه فضایی میان وسیله‌نقلیه و سکو وجود نداشته باشد، جابجایی مسافرانی که باری را به همراه دارند، دارای معلولیتی می‌باشند و یا کودکانی که در کالسکه هستند با سهولت بیشتری انجام می‌شود و در صورتیکه راهروهایی با عرض کافی در وسیله‌نقلیه موجود باشد، کاهش زمان سوار یا پیاده شدن اینگونه مسافران بسیار چشمگیر خواهد بود و قابلیت اطمینان خدمات‌دهی سیستم اتوبوس تندرو نیز افزایش خواهد یافت.

۲-۳-۸- چشم‌انداز، نماد و هویت

نماد و علامت مشخصه خدمات ویژه سیستم اتوبوس تندرو به روشهای گوناگون (رنگ‌بندی، طرح‌های رنگی، نمادهای تصویری) و یا طراحی‌های خاص وسیله‌نقلیه قابل دست‌یابی می‌باشد که نه تنها جایگاه سیستم را در بین دیگر سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی نمایان می‌سازد و تفاوتهای عملکردی را مشخص می‌کند بلکه مسافرانی را که به ندرت از سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی استفاده می‌کنند، به سمت محل‌های سوار شدن راهنمایی می‌نمایند. علامت مشخصه و نماد سیستم، اطلاعاتی از قبیل مسیر حرکت و ایستگاه‌هایی که سیستم اتوبوس سریع در آن توقف می‌کند را برای مسافران مشخص می‌نماید. طراحی مناسب وسیله‌نقلیه می‌تواند مکمل نقشه مسیر، علائم و منابع اطلاعات دیگر باشد بطوریکه میزان استفاده جامعه از سیستم حمل‌ونقل همگانی را افزایش دهد.

نشانه و یا تصویر وسایل نقلیه سیستم اتوبوس تندرو باید با دیگر خدمات سیستم حمل‌ونقل همگانی تمایز داشته باشد اما باید با دیگر اجزاء سیستم اتوبوس تندرو مانند توقفگاه‌ها، ایستگاه‌ها و پایانه‌ها، علائم اطلاع‌رسانی، شکل‌ها و علائم ترسیمی هماهنگی کامل داشته باشد.

بطور کلی می‌توان وسایل‌نقلیه مورد استفاده در سیستم‌های اتوبوس تندرو را به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی نمود.

- **اتوبوس‌های معمولی استاندارد**

وسایل‌نقلیه معمولی استاندارد دارای ۱۲-۱۳/۵ متر طول و بدنه معمول بصورت مکعب مستطیلی می‌باشند. این وسایل‌نقلیه نیمه بلند (از نظر ارتفاعی) شامل طبقات داخلی می‌باشند که نسبت به اتوبوس‌های بلند ارتفاع خیلی کمتری (در حدود ۳۰سانتی متر از سطح آسفالت) را دارا می‌باشند. این وسایل‌نقلیه معمولاً دارای حداقل دو دَر و پل قابل حمل برای صندلی‌های چرخدار و یا افراد ناتوان حرکتی هستند.

شکل (۲-۲۱): نمونه‌ای از اتوبوس‌های معمولی استاندارد

وسیله نقلیه معمولی ۱۲ متر طول، دارای صندلی برای ۴۴-۳۵ مسافر و قابل گسترش تا ۶۰-۵۰ محل نشستن و ایستادن، می‌باشد. یک وسیله‌نقلیه معمولی ۱۳/۵ متری نیز می‌تواند ۵۲-۳۵ مسافر نشسته و ۷۰-۶۰ مسافر نشسته و ایستاده را حمل نماید.

- **اتوبوسهای استاندارد اصلاح شده**

وسایل‌نقلیه استاندارد اصلاح شده تمامی جنبه‌های وسیله‌نقلیه با ارتفاع کم معمولی را دارا می‌باشند. بزرگترین تفاوت آنها اینست که بدنه آنها طوری طراحی شده است که مدرن‌تر، آیرودینامیک‌تر و جذاب‌تر به نظر برسند. ظرفیت آنها نیز تقریباً با نمونه‌های استاندارد معمولی برابر است.

شکل (۲-۲۲): نمونه‌ای از اتوبوس‌های استاندارد اصلاح شده

- **اتوبوسهای مفصلی معمولی**

وسایل‌نقلیه مفصلی دارای ظرفیت حمل مسافر بیشتری (۵۰ درصد بیشتر) نسبت به وسایل‌نقلیه استاندارد می‌باشند. اغلب ارتفاع کف اینگونه وسایل‌نقلیه نیمه بلند می‌باشند و هر کدام از وسایل‌نقلیه دارای ۲ تا ۳ در هستند. ظرفیت صندلی اتوبوس‌های مفصلی معمولی بستگی مستقیم به تعداد و ترتیب دَرها دارد که این ظرفیت در وسایلی که دارای ۴ درب عریض می‌باشند در حدود ۳۱ مسافر و در وسایلی که دارای ۲ درب می‌باشند در حدود ۶۵ مسافر محاسبه شده است. لازم به ذکر می‌باشد ظرفیت کلی این نوع وسیله نقلیه ۸۰ تا ۹۰ مسافر با احتساب افراد ایستاده در نظر گرفته شده است.

شکل (۲-۲۳): نمونه‌ای از اتوبوس‌های مفصلی معمولی

- **اتوبوس‌های مفصلی اصلاح شده**

وسایل‌نقلیه مفصلی اصلاح شده در ایالات متحده به منظور پاسخگویی به نیاز سیستم‌های اتوبوس تندرو جهت فراهم نمودن وسایل‌نقلیه مجهزتر و راحت‌تر برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفتند. ارتفاع کم کف، وجود حداقل سه دَر با سیستم کشویی و پل‌های قابل حمل از جمله امکاناتی هستند که به منظور کاهش زمان توقف برای سوار و پیاده شدن در این وسایل‌نقلیه ایجاد شده‌اند.

شکل (۲-۲۴): نمونه‌ای از اتوبوس‌های مفصلی اصلاح شده

- **وسایل‌نقلیه ویژه سیستم اتوبوس تندرو**

وسایل‌نقلیه ویژه با استفاده از بدنه آیرودینامیک و مدرن که شباهت بسیاری به وسایل‌نقلیه ریلی دارند، سیستم اتوبوس تندرو را نسبت به دیگر خدمات حمل‌ونقل همگانی متمایز می‌نمایند. این وسایل همچنین از سیستم‌های پیشرفته پیشران و اغلب تجهیزات پیشرفته هوشمند (ITS) و سیستم‌های هدایت نیز بهره می‌برند.

شکل (۲-۲۵): وسایل‌نقلیه ویژه سیستم اتوبوس تندرو، شهر آیندهون، هلند

۲-٤- شناسایی سیستم های اخذ کرایه

۲-٤-۱-کلیات

- نقش سیستم جمع‌آوری کرایه در سیستم اتوبوس تندرو

سیستم‌های جمع‌آوری کرایه در سیستم اتوبوس تندرو می‌توانند بصورت الکترونیکی، مکانیکی و یا دستی باشند. نقش کلیدی این سیستم‌ها در برنامه‌ریزی خدمات سیستم اتوبوس تندرو ایجاد یک جریان پیوسته از مسافران به منظور سوار شدن به وسایل‌نقلیه در مکان‌هایی که با ازدحام مسافران مواجه است، می‌باشد. عوامل مؤثر در سیستم جمع‌آوری کرایه شامل سیاست قیمت‌گذاری[1] (برای مثال کرایه یکپارچه و یکنواخت در مقابل کرایه منطقه‌ای یا مسافتی)، روشهای جمع‌آوری کرایه[2] و دستگاه‌های پرداخت کرایه[3] می‌باشند.

۲-٤-۲- اجزاء سیستم دریافت کرایه

- فرآیند دریافت کرایه

سیستم‌های اصلی دریافت کرایه و روشهای شناسایی به همراه مزایا و معایب موجود بصورت زیر می‌باشند:

- **سیستم‌های دریافت داخل وسیله‌نقلیه (که در داخل یا در مدخل ورودی وسیله‌نقلیه تعبیه شده است)**

این نوع سیستم‌ها شامل دستگاه دریافت کرایه یا یک واحد پردازشگر برای بلیط‌ها یا کارتهای اعتباری می‌باشند که در نزدیکی راننده یا مسئول وسیله‌نقلیه نصب می‌شوند. مزیت قابل ملاحظه این نوع سیستم‌ها در اینست که در این حالت نیازی به ساخت تجهیزات و زیرساختهای سیستم‌های دریافت کرایه در خارج از وسیله‌نقلیه نیست و در نتیجه هزینه سرمایه‌گذاری کاهش خواهد یافت.

---

[1] - Fare Policies

[2] - Fare Collection Practices

[3] - Fare Media

در مقابل، در مسیرهایی که سیستم اتوبوس تندرو با ازدحام رو به روست و میزان جابجایی و یا سوار و پیاده شدن مسافران در حد بالایی می‌باشد از آنجایی که تنها یک دَر به منظور دریافت کرایه مجهز به سیستم‌های فوق می‌باشد این مسئله باعث می‌گردد تا زمان توقف در حد نامطلوبی افزایش پیدا کند. همچنین در صورتیکه نظارتی بر دریافت کرایه از سوی راننده انجام نگیرد، ضریب ریسک فرار از پرداخت کرایه افزایش خواهد یافت.

- **سیستم بازرسی در حین سفر**

در این حالت نیاز است تا مسافران بلیط خود را از پیش خریداری کرده باشند و یا در داخل وسیله نقلیه از بازرس و مسئول جمع‌آوری کرایه، بلیط را خریداری نمایند. از نقطه‌نظر هزینه، هزینه پرسنل جهت کنترل بلیط در مقایسه با دیگر سیستم‌های پیش پرداختی و یا پرداخت در حین سفر، هزینه اضافی و تحمیل شده به سیستم می‌باشد.

- **سیستم دریافت کرایه با مکانیزم دربهای بازدارنده** (که در محل ورود به و/ یا خروج از ایستگاه یا محوطه سوار شدن تعبیه می‌شود)

این سیستم شامل تجهیزات بازدارنده، دروازه‌های پرداخت کرایه، مأموران دریافت بلیط و یا ترکیبی از سه جزء فوق می‌باشد که در فضای ایستگاه یا سکوهای سوار شدن به اتوبوسها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع سیستم‌ها بر اساس ساختار جمع‌آوری کرایه می‌توانند تنها در محل ورودی و یا هم در محل ورودی و هم در محل خروجی (بویژه در صورتیکه کرایه‌ها بر اساس مسافت محاسبه شوند) نصب شده و مورد استفاده قرار گیرند.

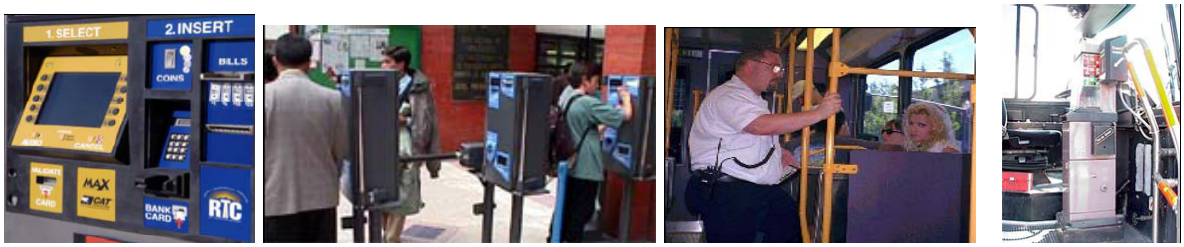
- **سیستم دریافت کرایه بدون مکانیزم مانع یا ارائه رسید پرداخت کرایه**[1]

سیستم ارائه رسید پرداخت کرایه یا POP یک نوع رویکرد جهت دریافت کرایه در بسیاری از سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی جهان می‌باشد. در این حالت به جای آنکه بلیط هر مسافر در محل ورود خدمات سیستم

1. Proof of Payment (POP)

حمل‌ونقل همگانی کنترل شود، هر مسافر باید یک کارت عبور یا رسیدی که نشان دهنده اینست که هزینه بلیط پرداخت شده است را به همراه داشته باشد. مسئول یا مسئولین کنترل بلیط نیز بطور متناوب بلیط‌ها را کنترل می‌نمایند تا میزان فرار کردن از پرداخت بلیط به حداقل برسد.

مزایای سیستم رسید پرداخت کرایه شامل هزینه‌های پایین نیروی انسانی در جمع‌آوری کرایه، طراحی ساده‌تر ایستگاه‌ها، تسهیل دسترسی افراد ناتوان جسمی و حرکتی یا افرادی که دارای بار سنگین می‌باشند و احساس راحتی بیشتر برای مسافران می‌باشد.



(الف) (ب) (ج) (د)

شکل (۲-۲۶): الف): نمایی از یک دستگاه دریافت کرایه در داخل وسیله نقلیه، (ب): نمایی از سیستم دریافت به روش بازرسی در حین سفر، (ج): نمایی از سیستم دریافت کرایه با مکانیزم دربهای بازدارنده، (د): دستگاه اعتبارسنجی بلیط

- دستگاه‌ها و روشهای دریافت و انتقال کرایه[1]

سیاستها و فرآیندهای جمع‌آوری کرایه بر انتخاب روش انتقال کرایه و فن‌آوری و تجهیزات مورد نیاز تأثیرگذار می‌باشند. تجهیزات کرایه باید توانایی هماهنگی با روش انتخاب شده کرایه را داشته باشند. همچنین نحوه انتقال کرایه فن‌آوری و تجهیزات خاص خود را نیاز دارد. در نتیجه تجهیزات جمع‌آوری و روشهای انتقال کرایه‌ای که توسط مؤسسات حمل‌ونقل کرایه برای مسافران در نظر گرفته شده است بستگی زیادی به نحوه پرداخت کرایه مسافران دارد. سه روش اصلی پرداخت کرایه عبارتند از:

1. Fare Transaction Media

- **پول نقد (سکه، اسکناس و ژتون) و روشهای کاغذی (بلیط، حواله و یا کارت)**

این روش ساده‌ترین روش پرداخت کرایه می‌باشد اما در عین حال آهسته‌ترین آنها نیز هست زیرا زمان مورد نیاز جهت پرداخت کرایه، به ویژه زمانیکه مبلغ مورد پرداخت رُند نباشد، طولانی می‌شود.

اعتبار بلیط‌های دارای ارزش (که هزینه هر بار استفاده از ارزش کارت بلیط کاغذی کسر می‌شود) یا دفترچه بلیط[1] (که برای یک سفر یا تعداد مشخصی سفر، بلیط‌ها بصورت برگه‌های دفترچه به یکدیگر منگنه شده‌اند) تنها می‌تواند بصورت چشمی یا دستی انجام پذیرد که این مسئله منجر به طولانی شدن فرآیند پرداخت کرایه می‌شود.

اعتبار کارت بلیط‌های مدت‌دار[2] (که برای یک مدت مشخص مانند یک هفته یا یک ماه یا رویدادهای خاص اعتبار دارند) و یا کارت بلیط‌های زمان‌دار[3] (که برای تعداد روزهای مشخص پس از اولین بار استفاده معتبر می‌باشند) نیز معمولاً باید بصورت چشمی بررسی شود اما در مجموع زمان کمتری را نسبت به دیگر بلیط‌های کاغذی در فرآیند جمع‌آوری کرایه تلف می‌نمایند.

- **کارت بلیط دارای نوار مغناطیسی[4]**

این نوع کارتها از نوع مرغوب کاغذهای ضخیم یا پلاستیک تهیه می‌شوند که بر روی آنها یک نوار مغناطیسی حک شده است که نوع استفاده و میزان اعتبار کارت در آن ذخیره می‌شود. این نوع روش انتقال نیازمند دستگاه‌های کارت‌خوان الکترونیکی می‌باشند تا زمان پرداخت کرایه و میزان کرایه کسر شده را در کارت مغناطیسی ثبت نمایند و این امر با توجه به نوع فن‌آوری ماشین کارت‌خوان و فرآیند مورد استفاده باعث کاهش زمان توقف می‌شود.

- **کارتهای هوشمند**

1. Stored ride tickets
2. Period Passes
3. Rolling Period Passes
4. Magnetic Strip Cards

کارتهای هوشمند در مجموع سریعترین و انعطاف‌پذیرترین نوع پرداخت کرایه را ارائه می‌دهند. کارتهای هوشمندی که نیازی به ایجاد تماس با دستگاه کارت‌خوان ندارند نسبت به کارت‌های مغناطیسی یا کارتهای هوشمند تماسی از نظر زمان فرآیند پرداخت کرایه بسیار مناسب می‌باشند. کارتهای هوشمند این امکان را فراهم می‌کنند تا ایجاد ساختار دریافت کرایه (مانند دریافت کرایه بر پایه زمانی که در سیستم گذرانده است و یا بر پایه مسافت) و تبادل بین چند مد امری امکان پذیر شود.

(الف) (ب) (ج)

شکل (۲-۲۷): روشهای پرداخت کرایه ، (الف): پول نقد، (ب): کارت بلیط دارای نوار مغناطیسی، (ج): کارت هوشمند

- ساختار کرایه

مؤسسات حمل‌ونقل همگانی معمولاً سیاستهای جمع‌آوری کرایه و سیستم‌های مرتبط و مورد نیاز با آنها را با توجه به تعدادی پارامتر مانند وسعت شبکه، نوع شبکه، سازمان‌های مرتبط، نیاز مسافران در کنار پارامترهای اساسی مانند اهداف مالی، سیاسی و مدیریتی بنیان می‌نهند. با توجه به کلیه عوامل، دو نوع ساختار اصلی بارزتر می‌باشند که در ادامه بطور خلاصه معرفی شده‌اند.

- **نرخ کرایه یکسان**

در این حالت نرخ کرایه بدون توجه به مسافت یا کیفیت خدمات ارائه شده تعیین می‌شود. این سیاست باعث تسهیل کار و مسئولیت بهره‌برداران و مسئولین سیستم اتوبوس تندرو می‌شود. علت این امر اینست که اغتشاش بالقوه ناشی از سوء تفاهمات و یا اشتباهات در محاسبه کرایه کاهش می‌یابد و همچنین سوار و پیاده شدن مسافران به راحتی انجام می‌پذیرد.

- **نرخ کرایه متغیر**

در این حالت نرخ کرایه بر اساس فاکتورهای مختلفی از قبیل طول سفر، زمان سفر در طول روز، نوع مسافران، سرعت و کیفیت خدمات تعیین می‌شود و متغیر می‌باشد. در این نوع روشهای مختلفی جهت محاسبه کرایه وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از:

* نرخ کرایه بر پایه مسافت یا منطقه که بصورت مستقیم یا غیرمستقیم بر اساس مسافت پیموده شده محاسبه می‌گردد. در این حالت، مسئول اتوبوس کرایه‌ها را در زمانیکه مسافران سوار می‌شوند و یا به ندرت، وقتی که پیاده می‌شوند از آنها دریافت می‌کنند.
* نرخ کرایه بر اساس زمان که به صورت زمان انجام سفر در روز و یا مدت زمان سفر محاسبه می‌شوند.
* نرخ کرایه بر اساس خدمات که بستگی به نوع و کیفیت خدمات ارائه شده دارد و در این حالت ایستگاه‌ها و زیرساختها تأثیرات بسزایی در نوع خدمات خواهند داشت. بعنوان مثال می‌توان به سیستم اتوبوس تندرو یا اتوبوس‌های اکسپرس اشاره نمود. معمولاً این نوع محاسبه نرخ کرایه در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی چند مُدی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۵- شناسایی کاربرد سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در سیستم اتوبوس تندرو

۲-۵-۱- کلیات

از آنجایی که سیستم اتوبوس تندرو باید سریع، راحت و مطمئن باشد لذا اتوبوس‌ها باید به موقع حرکت کنند، کارآیی آنها بررسی شود و جداول زمانی حرکت آنها باید سریعاً تنظیم و تطبیق گردد. همچنین مسافران باید از زمان رسیدن اتوبوس‌ها به ایستگاه اطلاع یابند و سوار شدن در ایستگاه باید سریع و راحت باشد. به منظور نیل به اهداف فوق سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند و بطور وسیعی عملکرد سیستم اتوبوس تندرو را بهتر نمایند.

با بکارگیری سیستم‌های هوشمند می‌توان زود رسیدن، به موقع رسیدن و یا زمان تأخیر اتوبوس‌ها را تعیین، عملکرد اتوبوسها را کنترل و تنظیم و ایمنی و امنیت سیستم را بهسازی کرد. همچنین سیستم‌های هوشمند می‌توانند در تقاطعات چراغدار حق تقدم و اولویت را برای سیستم اتوبوس تندرو تعیین، دریافت بلیط را تسریع و هدایت وسیله را کنترل و پهلوگیری دقیقی را فراهم کنند.

اجزاء اصلی ITS در سیستم اتوبوس تندرو شامل موارد زیر می شود:

- ✓ مکانیابی و تنظیم خودکار وسیله‌نقلیه[۱] که آماده سازی و تأمین ایمنی و امنیت سیستم را نیز شامل می‌شود.
- ✓ اطلاع رسانی به مسافران[۲]
- ✓ حق تقدم و اولویت‌دهی چراغ راهنمایی[۳]
- ✓ شمارش خودکار مسافران[۴]
- ✓ دریافت الکترونیکی بلیط

1- Automatic Vehicle Location and Control (AVLC)

2- Advanced Traveler Information System (ATIS)

3- Traffic Signal Priority

4 - Automated Passenger Counting

- ✓ هدایت و کنترل وسیله‌نقلیه

در ادامه هر یک از اجزای اصلی سیستم های هوشمند در سیستم اتوبوس سریع توضیح داده می‌شود.

۲-۵-۲- سیستم مکان‌یابی خودکار وسیله‌نقلیه

سیستم مکان‌یابی خودکار وسیله‌نقلیه یک جزء مهم و تکمیل کننده مدیریت ناوگان سیستم اتوبوس تندرو می‌باشد. ردیابی اتوبوس‌ها از طریق سیستم مکان‌یابی خودکار وسیله نقلیه برای مشخص کردن محل دقیق اتوبوس‌ها بر روی شبکه خیابان‌ها انجام می‌گیرد. سیستم مکان‌یابی خودکار این امکان را فراهم می‌نماید تا حرکت اتوبوس‌ها بدون وقفه نظارت شود، سرفاصله زمانی اتوبوس‌ها کنترل گردد، استفاده از جداول زمان‌بندی فشرده‌تر (شامل زمان‌های تبادل کاراتر) امکان پذیر شود وتعمیر و نگهداری سریعتر وسیله‌نقلیه از کار افتاده مقدور گردد. همچنین این فرصت را می‌دهد تا جداول زمان‌بندی به هنگام را برای مسافران در ایستگاه‌ها و حتی تلفن‌های همراه ارائه دهند. همچنین امکان ارتباط دو طرفه بین رانندگان اتوبوس‌ها و سرپرستی مرکزی نیز در این حالت فراهم می‌شود.

۲-۵-۳- سیستم اطلاع رسانی به مسافران

سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل می‌توانند اطلاعات پویا و لحظه به لحظه‌ای برای مسافران، قبل از سفر در ایستگاه‌ها، توقفگاه‌ها و ترمینال‌ها و یا در حال حرکت و در داخل وسیله نقلیه فراهم کنند. اطلاع رسانی مسافران می تواند ثابت (مانند جداول زمانی، بلیط‌ها و مسیرها) و یا دینامیک (مانند اطلاعات تأخیرات، زمان واقعی ورود/ خروج) باشد. یک سیستم کامل و جامع اطلاع رسانی در سیستم اتوبوس تندرو باید از انواع شیوه‌ها و تدابیر اطلاع رسانی دینامیک و استاتیک (متغیر و ثابت) استفاده کند.

اطلاعات به‌هنگام عموماً می‌توانند در سه گروه دسته بندی شوند:

۱- اطلاع رسانی قبل از سفر

۲- اطلاع رسانی در توقفگاه‌ها، ایستگاه‌های اصلی و پایانه‌ها

۳- اطلاع رسانی در حین سفر و سوار بر وسیله‌نقلیه

در مورد هر یک از شیوه‌های اطلاع رسانی به کاربران، در ادامه توضیحات لازم ارائه می‌گردد.

۲-۵-۳-۱- اطلاع رسانی قبل از سفر

اکثر مراکز متولی سیستم حمل‌ونقل همگانی به منظور اطلاع رسانی جامع سعی می‌کنند تا از فن‌آوریهای جدید مانند اینترنت برای ارائه اطلاعات برنامه‌ریزی سفر استفاده کنند. بسیاری از سیستمهای اتوبوس تندرو، سیستمهای پیشرفته پویایی را به کار می‌برند که به مشتریان اطلاعاتی در مورد زمان واقعی و به هنگام حرکت و یا رسیدن اتوبوس‌ها را ارائه دهند. بعضی اوقات آنها محل دقیق اتوبوس‌ها را نیز نمایش می‌دهند. معمولاً این اطلاعات بوسیله تلفن‌های همراه و ثابت، شبکه‌های کابلی و یا اینترنت به مسافران ارائه می‌شود.

۲-۵-۳-۲- اطلاع رسانی در توقفگاه‌ها، ایستگاه‌های اصلی و پایانه‌ها

در توقفگاه‌ها، ایستگاه‌های اصلی و پایانه‌ها به منظور تأمین حداقل امکانات باید شماره خطوط، جداول زمان‌بندی ثابت و نقشه راه‌ها جهت اطلاع رسانی به مسافران فراهم شوند. همچنین در سیستم‌های اتوبوس سریع پیشرفته اطلاعات لحظه به لحظه در خصوص موقعیت و زمان رسیدن اتوبوس را می‌توان در ایستگاههای اصلی به مسافران ارائه نمود.

اطلاعات مورد نیاز مسافران می‌توانند از طریق نمایشگرهای تلویزیونی و یا تابلوهای پیام متغیر عرضه شوند که این انتخاب نوع روش عرضه به نیازهای امنیتی بستگی دارد.

شکل (۲-۲۸): نمونه ای از کاربرد تابلوهای پیام متغیر جهت اطلاع رسانی به مسافران

۲-۵-۳-۳- اطلاع رسانی در حین سفر

یک سیستم سنتی اطلاع رسانی در حین سفر شامل جداول چاپ شده در داخل وسیله‌نقلیه و یا اعلام راننده می‌باشد. پیشرفت در فن‌آوری‌ها این امکان را فراهم کرده است تا اعلامیه‌های ثابت به وسیله سیستمهای خودکار ضبط صدا و یا سایر روشهای ارائه پیام، منتقل شوند.

بسیاری از سیستمهای اتوبوس تندرو دارای سیستم خودکار اعلام کننده ایستگاه در وسیله‌نقلیه می‌باشند. برخی از شهرهایی که از این سیستم در سیستم اتوبوس تندرو خود استفاده می‌کنند شامل بوستون، اتاوا، پیتزبورگ، بریسبن، روئن و کوریتیبا می‌باشند.

۲-۵-٤- سیستم‌های اولویت‌دهی چراغ راهنمایی

حق تقدم چراغ راهنمایی یک تدبیر سیستم هوشمند حمل‌ونقل است که به اتوبوس‌ها هنگامی که به تقاطع می‌رسند یا تحت حالتهای بخصوص (مثلاً وقتی که اتوبوسی تأخیر دارد) اولویت (حق تقدم) چراغ می‌دهد. اولویت‌بندی چراغها می‌تواند باعث کاهش میانگین تأخیر اتوبوس‌ها با کمترین تأثیر بر روی جریان عبوری ترافیک شود. امروزه تمایل به استفاده از سیستم اولویت دهی چراغ راهنمایی به سیستم اتوبوس تندرو رو به افزایش است. سیستم اتوبوس تندرو در شهرهای لس‌آنجلس، ونکوور، روئن و خطوط در حال توسعه کِلوِلند در حال حاضر از سیستم اولویت‌دهی به نحو احسن استفاده می‌نمایند.

۲-۵-۵- شمارشگرهای خودکار مسافرین

شمارشگرهای خودکار، مسافرین را به طور خودکار هنگام سوار و پیاده شدن از وسیله‌نقلیه شمارش می‌نمایند. این سیستمها برای پیشرفت، بهسازی جداول زمان‌بندی وسایل‌نقلیه و یا برنامه‌ریزی و پشتیبانی از خدمات استفاده می‌شود. اهداف استفاده از سیستم شمارشگرهای خودکار مسافرین، که با بررسی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی مختلف در دنیا (در حدود ۲۵ سیستم) بدست آمده‌اند، در جدول (۲-۴) نشان داده شده

است. از آنجایی که این سیستم‌ها نیاز به شمارشگرهای دستی یا اانسانی را از بین می‌برند به طور قابل توجهی باعث کاهش هزینه‌های گردآوری اطلاعات تعداد مسافرین می‌شوند.

جدول (۲-۴): اهداف استفاده از سیستم شمارشگرهای خودکار مسافرین

اهداف استفاده از سیستم شمارشگرهای خودکار مسافرین	تعداد سیستمها
ایجاد/ برآورد/ تنظیم زمان حرکت/ جدول زمان‌بندی	۱۴
برنامه ریزی/ توجیه تغییر خطوط	۱۳
برآورد استراتژی بازاریابی	۳
برآورد درآمدهای قابل انتظار	۱
تعیین نیازهای ناوگان	۲
نظارت بر کارآیی راننده	۳
مکانیابی تسهیلات ایستگاه	۵
سایر	۲

۲-۵-۶- سیستمهای جلوگیری از برخورد (تصادف)

سیستمهای جلوگیری از برخورد به روشهای مختلف از تصادف اتوبوس‌ها با دیگر وسایل‌نقلیه جلوگیری می‌کنند. تست های عملیاتی زیادی وجود داشته‌اند و عملکرد و کارایی خصوصیات آنها در حال توسعه می‌باشند.

۲-۵-۶-۱- جلوگیری از برخوردهای ناشی از تغییر خط و ورود به خط

این سیستمها به راننده در مورد احتمال تصادم وسیله‌نقلیه به ویژه در نقاط کور از نظر دید، در جایی که بسیاری از تصادفات اتفاق می‌افتد، هشدار می‌دهد. سیستم‌های پیشرفته‌تر اطلاعاتی در مورد وسایل‌نقلیه در خطهای کناری بر پایه موقعیت و سرعت آنها و اینکه آیا آنها امکان تغییر و یا ترکیب خط دارند را نیز برای راننده فراهم می‌کنند.

۲-۵-۶-۲- جلوگیری از برخورد

استفاده از فن‌آوری‌های مختلف می‌تواند به پیشگیری از تصادفات از جلو و عقب وسیله‌نقلیه سیستم اتوبوس تندرو کمک کند. رادار می‌تواند چگونگی نزدیک شدن وسیله‌نقلیه سیستم حمل‌ونقل همگانی را به سایر وسایل‌نقلیه تشخیص دهد و حتی به راننده اخطار دهد و یا به طور خودکار سرعت وسیله‌نقلیه را کاهش دهد تا از بوجود آمدن تصادف جلوگیری کند. برخوردهای عقبی و انتهایی با وسیله‌نقلیه سیستم حمل‌ونقل همگانی می‌تواند با اخطار دهنده‌های بصری در پشت اتوبوس کاهش پیدا کند.

۲-۶- شناسایی عوامل موثر در برنامه خدمت‌دهی

خدمات سیستم اتوبوس تندرو باید شفاف، مستقیم، تکرار شونده و سریع باشند. طراحی خدمات در عین حالی که باید نیازهای استفاده‌کنندگان را برآورده سازد باید برای استفاده‌کنندگان جدید نیز جذاب باشد. سیستم‌های دریافت کرایه باید سوار و پیاده شدن مسافران را تسریع نمایند. تبلیغات نیز باید بر روی جنبه‌های منحصر بفرد سیستم اتوبوس تندرو و آینده مستحکم و هویت آن متمرکز شود.

۲-۶-۱- طراحی خدمات

مسیرها، فراوانی و ساعتهای خدمات‌دهی اتوبوس‌ها باید منعکس کننده نوع مسیرهای حرکت، مکان فعالیتهای اصلی در گذرگاه، فرصتهای سرمایه‌گذاری و منابع موجود در دسترس باشند.

۲-۶-۱-۱- نوع و مدت ارائه خدمات

زمان و ساعتهای بهره‌برداری خدمات سیستم اتوبوس تندرو (مدت زمان خدمات) برای هر نوع از خدمات در مسیرهای حرکت مختلف به شرح زیر می‌باشند

- خدمات اصلی با ایست در تمام ایستگاه‌ها – همه روزه (معمولاً از ساعت ۶ صبح تا نیمه شب) ۷ روز در هفته
- خدمات اکسپرس – ساعات اوج در هر روز در مسیرهای شلوغ. از ساعت ۷ صبح تا ۷ عصر

- خدمات اکسپرس برای مسافران هر روزه[1] - ساعات اوج در هر روز
- خدمات تغذیه کننده – تمام روز و معمولاً ۷ روز در هفته (به منظور افزایش پوشش منطقه و ایجاد ارتباط با سیستم‌های حمل و نقل همگانی با عملکرد بالاتر)
- خدمات متصل کننده – تمام روز و معمولاً ۷ روز در هفته (خدماتی که برای ایجاد ارتباط با سیستم‌های با عملکرد بالاتر مانند مترو توسط سیستم اتوبوس سریع ارائه می‌شود.)

۲-۶-۱-۲- فراوانی خدمات

فراوانی خدمات سیستم‌های موجود اتوبوس تندرو بستگی زیادی به شهر، تقاضای سفر و نوع خدمات مورد نیاز دارد. برخی از مثالهایی که در مورد فراوانی خدمات وجود دارند عبارتند از:

- بخش اصلی خدمات ساعت اوج در مسیر ویژه اتوبوس جنوب میامی توسط سه مسیر اکسپرس با سرفاصله ۱۵ دقیقه در هر مسیر فراهم می‌شود.
- سر فاصله بین اتوبوسهای خطوط ۹۵ و ۹۷ اتاوا که بصورت ایست در تمام ایستگاه‌ها می‌باشند در ساعت اوج ۴ تا ۵ دقیقه و در ساعت غیر اوج ۵ تا ۶ دقیقه محاسبه و برآورد شده است.
- سرفاصله اتوبوس‌هایی که در مسیر ویژه شرقی پیتزبورگ در حال حرکت هستند و در تمامی ایستگاه‌ها توقف دارند در حالت اوج ۴ تا ۵ دقیقه و در حالت غیر اوج ۱۰ تا ۱۲ دقیقه می‌باشند.

۲-۶-۱-۳- طول مسیر

طول مسیر در سیستم‌های اتوبوس تندرو به منظور حفظ قابلیت اطمینان خدمات نباید بسیار زیاد باشد. در حالت ایده‌آل مسیرهای سیستم اتوبوس تندرو نباید بگونه‌ای طراحی می‌شوند، که یک سفر رفت و برگشتی بیشتر از ۲ ساعت به طول انجامد. لازم به ذکر است حد مطلق نهایی برای زمان رفت و برگشت یک سفر حداکثر ۳ ساعت می‌باشد.

---

1. Commuter

با فرض اینکه مسیرها برای استفاده کاربران مرکز شهر مناسب باشند می‌توان مسیرهای دسترسی به مرکز شهر را در بازه ۱۶ تا ۳۰ کیلومتر در نظر گرفت. مسیرهای طولانی‌تر را می‌توان در مسیرهای ویژه و آزادراه‌ها جهت خدمات اکسپرس ایجاد نمود.

۲-۶-۱-۴- الگوی خدمت‌دهی

طرح خدمات‌دهی باید به گونه‌ای طراحی شوند که نیازهای معین سیستم‌های اتوبوس تندرو در نظر گرفته شده و معمولاً شامل خدمات مختلف با خصوصیات گوناگون می‌باشند.

زمانیکه وسایل نقلیه سیستم اتوبوس تندرو در مسیرهای اختصاصی خود حرکت می‌نمایند، بهترین الگوی خدمات‌دهی که می‌تواند تمامی جنبه‌های مورد نظر را ارائه دهد، الگوی توقف در تمامی ایستگاه‌ها می‌باشد که توسط یک سرویس پوششی سریع‌السیر در زمان اوج و جهت خدمات‌دهی به نقاط پر سفر تکمیل می‌گردد.

در مجموع باید به این نکته اشاره نمود که ایجاد برنامه‌های زمان‌بندی منظم و هماهنگ و تسهیلات ارتباطی بویژه در زمانیکه سرویس‌های تغذیه کننده با سرفاصله‌های نسبتاً طولانی فعالیت می‌کنند، نقش بسزایی در جذب مسافر می‌توانند ایفا نمایند.

۲-۶-۱-۵- تعداد مسیرها

بصورت یک قاعده کلی در مسیرهای سیستم اتوبوس تندرو باید این نکته را به خاطر داشت که به ازای هر مسیر اصلی حداکثر دو مسیر فرعی متصل به مسیر اصلی باید در نظر گرفته شود. این مسئله برای ایجاد سهولت در استفاده مسافران از سیستم و همچنین فراهم نمودن خدمات بیشتر در هر کدام از مسیرهای فرعی اهمیت پیدا می‌نماید. در این حالت ایجاد سرویسهای پوششی از اقداماتی است که می‌توانند در جذب مسافر بیشتر مؤثر واقع شوند.

از نظر تعداد اتوبوس‌های به کار گرفته شده در هر مسیر در طول ساعت اوج ترافیک می‌توان بیان داشت که عوامل مختلفی در تعیین تعداد اتوبوس‌ها باید در نظر گرفته شوند که مهمترین آنها عبارتند از: ۱. میزان

تقاضای سفر ۲. به حداقل رساندن ازدحام داخل وسیله‌نقلیه ۳. حفظ نظم و ترتیب سرویس‌ها و خدمات ۴. کنترل هزینه‌های بهره‌برداری و ۵. لحاظ نمودن محدودیتهای عملکردی سیستم.

در مجموع ایجاد نمودن یک سیستم اتوبوسرانی با مسیرهای کوتاهتر و سرفاصله‌های کمتر (تواتر بیشتر) بهتر از ایجاد یک سیستم با مسیرهای فراوان و سرفاصله‌های طولانی می‌باشد.

۳- نتیجه گیری

در این دستورالعمل، خصوصیات سیستم اتوبوس سریع بیان و مورد بررسی قرار گرفت. آنچه مشخص است در صورتی که سیستم اتوبوس سریع مطابق استانداردهای بیان شده طراحی و اجرا گردد از لحاظ تعداد مسافر جابه‌جا شده در طول روز قابل رقابت با سیستم‌های ریلی پیشرفته می‌باشد. نکته مهم این است که هزینه اجرایی سیستم اتوبوس سریع بسیار کمتر از هزینه اجرایی سیستم‌های حمل و نقل همگانی ریلی می‌باشد و این سیستم قابلیت اجرا و استفاده به صورت مرحله به مرحله را دارا است و همچنین با افزایش تقاضا قابلیت انعطاف‌پذیری و تغییر در سیستم وجود دارد. لذا استفاده از این سیستم با انجام مطالعات کافی می‌تواند در شهرهای بزرگ کشور باعث کاهش چشمگیر هزینه‌های اجرایی و مدت زمان اجرا بر خلاف سیستم‌های ریلی گردد همچنین بهره‌برداری و استفاده از این سیستم نیز کم هزینه‌تر و راحت‌تر از سایر سیستم‌های حمل و نقل انبوه می‌باشد.