



جلد اول

ملاک عمل

ضوابط توسعه و بهره برداری از خطوط اتوبوس تندرو (BRT)

بخش اول: ضوابط توسعه خطوط اتوبوسرانی تندرو (BRT)

- ۱- مقدمه ۶
- ۲- مشخصات سیستم BRT: ۷
- ۳- مبانی اولیه برای توسعه خطوط ویژه BRT ۸
- ۴- ضرورت احداث خطوط ویژه BRT ۸
- ۵- شرایط انتخاب معابر جهت احداث خطوط ویژه ۹
- ۶- شرایط انتخاب مکان جهت احداث ایستگاه (مکانیابی ایستگاه) BRT ۱۱
- ۷- اثر سطح سرویس در احداث خط ویژه اتوبوس ۱۳
- ۸- نوع خطوط اتوبوس رانی مناسب برای سطوح مختلف تقاضا ۱۴
- ۹- تأثیر مسیر ویژه اتوبوس بر ترافیک مختلط شهری ۱۵

بخش دوم: ضوابط بهره برداری از خطوط اتوبوسرانی تندرو (BRT)

- ۱- مقدمه ۱۷
- ۲- خطوط و مسیر های حرکتی ۱۸
 - ۱-۲- کنترل دسترسی ۱۸
 - ۲-۲- انواع خطوط حرکتی ۱۸
 - ۳-۲- انواع مسیرهای حرکتی ۱۹
 - مسیرهای حرکت در ترافیک مختلط ۱۹
 - مسیر میانی در شریانی ها ۲۰
 - مسیر همسطح ۲۱
 - مسیر غیر همسطح ۲۱
 - ۴-۲- ظرفیت مسیر ۲۱
 - ۵-۲- تعداد خطوط وسایل شخصی در راستای مسیر BRT ۲۱
 - ۶-۲- عرض مسیر و اجزاء آن ۲۲
 - ۷-۲- طول مسیر ۲۴
 - ۸-۲- ارتفاع آزاد ۲۴
 - ۹-۲- شعاع گردشی ۲۴
 - ۱۰-۲- شیب و برابندی (شیب عرضی) ۲۴
- ۳- ایستگاه های وسایل حمل و نقل اتوبوسرانی تندرو ((BRT) ۲۵
 - ۱-۳- ارتفاع ایستگاه ۲۵
 - ۲-۳- موقعیت ایستگاه ۲۵

۲۷	۳-۳- ابعاد ایستگاه
۳۳	۳-۴- سطح اشباع ایستگاه
۳۳	۳-۵- فاصله ایستگاه ها
۳۵	۴- مشخصات اتوبوس تندرو BRT
۳۷	۵- شاخصه های ترافیکی سیستم
۳۷	۵-۱- سرفاصله سرویس دهی
۳۸	۵-۲- زمان سوار و پیاده شدن
۳۹	۵-۳- سرعت سیستم
۴۰	۵-۴- شتاب وسیله
۴۱	۶- تسهیلات مسافری
۴۳	۷- اولویت عبور و فازبندی چراغ
۴۵	۸- علایم مسیر BRT
۴۵	۹- روسازی مسیر BRT
۴۶	منابع

فهرست جداول

بخش اول:

- جدول ۱-۶-۱- مقادیر تراکم مسکونی در محل، جهت احداث ایستگاه BRT ۱۲
- جدول ۲-۶-۲- مقادیر تراکم تجاری در محل، جهت احداث ایستگاه BRT ۱۲
- جدول ۱-۸-۱- راه حل های معمول برای سطوح مختلف تقاضا ۱۴

بخش دوم:

- جدول ۱-۱-۱- مقادیر معمول شاخصه های سیستم BRT ۱۷
- جدول ۱-۱-۲- طبقه بندی مسیرهای حرکت بر اساس نحوه و میزان تفکیک ۱۸
- جدول ۱-۴-۲- حداکثر ظرفیت خطوط BRT [۱] ۲۱
- جدول ۱-۶-۲- مقادیر مطلوب و حداقل عرض وسایل و خطوط ۲۲
- جدول ۲-۶-۲- اضافه عرض مورد نیاز در انحنای یک مسیر دوطرفه با دوخط اتوبوس BRT (سانتی متر) ۲۴
- جدول ۱-۳-۳- طول مسافرگیری ایستگاه های کناری BRT ۳۰
- جدول ۱-۴-۳- سطوح مختلف اشباع ایستگاه ۳۳
- جدول ۱-۵-۳- استاندارد فاصله ایستگاه اتوبوس تندرو برای مدهای مختلف ۳۴
- جدول ۲-۵-۳- فواصل ایستگاه های اتوبوس به صورت تقریبی بر حسب نوع منطقه ۳۴
- جدول ۱-۴-۱- استاندارد ابعاد و ظرفیت وسایل نقلیه اتوبوس تندرو در آمریکا و کانادا ۳۵
- جدول ۲-۴-۱- مشخصه های اتوبوس های استاندارد و مفصلی ۳۵
- جدول ۱-۱-۵- استاندارد سرفاصله سرویس دهی ۳۷
- جدول ۲-۱-۵- سطح مطلوبیت سرفاصله سرویس دهی BRT در ساعات اوج ترافیک ۳۷
- جدول ۱-۱-۵- سطح مطلوبیت سرفاصله سرویس دهی BRT در ساعات غیر اوج ترافیک ۳۸
- جدول ۴-۱-۵- رابطه سرفاصله و سرویس دهی سیستم ۳۸
- جدول ۳-۲-۵- مدت زمان سوار و پیاده شدن (ثانیه/مسافر) ۳۹
- جدول ۱-۳-۵- سرعت سیستم اتوبوس رانی بر اساس فاصله ایستگاه ها ۴۰
- جدول ۱-۶-۱- شیب پیشنهادی با توجه به موارد استفاده از رمپ ۴۲
- جدول ۱-۷-۱- مقادیر معمول زمان بندی چراغ برای سیستم BRT ۴۳

فهرست اشکال

بخش دوم:

- شکل ۲-۳-۱ - نمای کلی مسیرهای فرار از صف ۲۰
- شکل ۲-۶-۱ - فضای مورد نیاز خطوط BRT در حالت ایستگاه های میانی و مجزا ۲۳
- شکل ۳-۲-۱ - نحوه ارتباط ایستگاه های مجزا ۲۵
- شکل ۳-۲-۲ - ایستگاه های مسیر میانی ۲۶
- شکل ۳-۲-۳ - تعویض خط مسافری ۲۶
- شکل ۳-۳-۱ - جانمایی ایستگاه پیش آمده کناری دور از تقاطع ۲۷
- شکل ۳-۳-۲ - مقطع عرضی A-A از ایستگاه پیش آمده کناری دور از تقاطع ۲۷
- شکل ۳-۳-۳ - جانمایی ایستگاه فرورفته کناری دور از تقاطع ۲۸
- شکل ۳-۳-۴ - جانمایی ایستگاه هم عرض پیاده روی دور از تقاطع ۲۸
- شکل ۳-۳-۵ - جانمایی ایستگاه پیش آمده کناری نزدیک تقاطع ۲۹
- شکل ۳-۳-۶ - جانمایی ایستگاه فرورفته کناری نزدیک تقاطع ۲۹
- شکل ۳-۳-۷ - جانمایی ایستگاه هم عرض پیاده روی نزدیک به تقاطع ۳۰
- شکل ۳-۳-۸ - طول اجزای ایستگاه BRT (۱) ۳۱
- شکل ۳-۳-۹ - طول اجزای ایستگاه BRT (۲) ۳۱
- شکل ۳-۳-۱۰ - طول اجزای ایستگاه BRT (۳) ۳۱
- شکل ۳-۳-۱۱ - طول اجزای ایستگاه BRT (۴) ۳۲
- شکل ۳-۳-۱۲ - مقایسه طرح یک ایستگاه استاندارد و یک ایستگاه طویل ۳۲
- شکل ۷-۱ - فازبندی پیشنهادی در تقاطعات معابر شریانی با مسیر میانی BRT ۴۴
- شکل ۷-۲ - فازبندی پیشنهادی در تقاطعات با گردش به چپ اتوبوس BRT ۴۴
- شکل ۷-۳ - فازبندی پیشنهادی در ورودی پایانه BRT ۴۴

۱- مقدمه

یکی از راهکارهای پیشنهادی در جهت بهبود عملکرد سیستم حمل و نقل عمومی، توسعه مسیرهای ویژه عبور اتوبوس در سطح شهر می باشد. اختصاص مسیری به اتوبوس واحد علاوه بر افزایش سرعت و عملکرد حمل و نقل عمومی باعث کاهش ظرفیت معبر و تاثیر منفی در شاخص های عملکردی حمل و نقل شخصی می گردد. به همین دلیل انتخاب مسیرهای ویژه برای عبور وسایل عمومی به گونه ای که مزایای حمل و نقل عمومی به معایب ایجاد شده برای حمل و نقل شخصی برتری داشته باشد، نیاز به مطالعه براساس روش های دقیق و مبتنی بر اصول علمی دارد [۱].

اساس ایجاد خطوط ویژه اتوبوسرانی، دادن حق اولویت عبور به اتوبوس های شهری به منظور ارائه تسهیلات رفاهی بیشتر به مسافران، افزایش سرعت حرکت اتوبوسها و تعداد مسافران جابجا شده و افزایش سطح سرویس می باشد. اینگونه خطوط اگر بطور صحیح و علمی ایجاد شوند نتایج قابل توجهی در کاهش ترافیک، آلودگی هوا و جذب مسافران بیشتر در پی خواهند داشت.

۲- مشخصات سیستم BRT

اصطلاح BRT به هر نوع سیستم اتوبوسرانی تندرو گفته نمی شود. در واقع یک سیستم اتوبوسرانی برای اینکه در گروه انواع خطوط BRT قرار گیرد باید مؤلفه های زیر را دارا باشد [۲]:

- مسیر حریم ویژه از نوع (ب) داشته باشد (مسیر تفکیک شده از جریان سایر وسایل نقلیه) مانند خطوط HOV و تنها در برخی بخش های منحصر حریم ویژه (ج) اعمال گردد.
- توقفگاه ها و ایستگاه های مجزا دارای تجهیزات جمع آوری کرایه، اطلاع رسانی و حفاظت مطلوبی برای مسافران باشند و در نواحی مرکزی شهر حداقل ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر با هم فاصله داشته باشند. این فاصله در حومه شهر و مناطق دور افتاده می تواند بیش از این باشد.
- سیستم اتوبوسرانی خطوط ویژه مجزا از ترافیک دیگر وسایل یا سرویس دهی متناوب و قابل اطمینان و سرفاصله منظم در تمام ساعات روز داشته باشد.
- از اتوبوس هایی با طراحی جذاب، تعداد و سایز مطلوب برای درب ها و کف پایین (و یا کف بالای سکو بطوریکه همسطح کف اتوبوس باشد و انتقال سریع مسافران در ایستگاه ها فراهم گردد) استفاده شود.
- حق تقدم عبور در تقاطعات با اتوبوس های BRT باشد.
- از فناوری های هوشمند در ماتیورینگ محل اتوبوس ها، حرکت آنها، اطلاع رسانی به مسافران و جمع آوری کرایه استفاده شود.
- در توقفگاه ها و ایستگاه ها امکان سبقت گرفتن اتوبوس ها و توقف همزمان دو یا چند اتوبوس با هم وجود داشته باشد تا سرویس دهی در مواقعی که سرفاصله کمتر از ۲ دقیقه است نیز بطور مطلوب انجام شود.
- موتور وسیله نقلیه میزان تولید آلودگی هوا و آلودگی صوتی بسیار کمی ایجاد کند.
- انتقال مسافران بین سایر مسیرهای BRT و خطوط ریلی آسان باشد.
- جمع آوری کرایه بصورت پیش پرداخت و یا غیر مستقیم (بدون دریافت کرایه توسط مأمور) انجام شود تا زمان تأخیر در سوار و پیمانه شدن کاهش یابد.

۳- مبانی اولیه برای توسعه خطوط ویژه BRT

براساس تجربیات بدست آمده مسیرهای ویژه اتوبوس بعلت هزینه هایی که در پی دارند اساساً در شهرهای بزرگ (با جمعیت بیش از یک میلیون نفر) بکارگرفته می شوند. با این وجود در صورتیکه بتوان اولویت عبور اتوبوس ها را بسهولت ایجاد نمود، در شهرهای کوچکتر نیز کاربردی است [۶]. برای توسعه خطوط ویژه عبور اتوبوس در سال افق طرح، مبنای اولیه به شرح موارد زیر است [۱]:

- پوشش کریدورهای مهم شهری
- پیوستگی شبکه خطوط ویژه، مترو و خطوط عادی اتوبوس
- ارتباط شبکه های فاقد مسیر مترو به همدیگر (بعنوان جایگزین موقت خطوط مترو)
- استفاده بیشتر از شبکه های بزرگراهی برای احداث خطوط ویژه
- سرویس دهی به مراکز عمده تولید و جذب سفر

۴- ضرورت احداث خطوط ویژه BRT

خطوط ویژه اتوبوس باید در موارد زیر احداث گردد [۱]:

- تراکم ترافیک خیابان بالا باشد.
- تعداد اتوبوس های استفاده کننده از مسیر زیاد باشد.
- بر اساس نظر سنجی و آمار بدست آمده مشخص شود که تمایل عمومی نسبت به استفاده از حمل و نقل همگانی زیاد است. همچنین موافقت عمومی در ایجاد خطوط ویژه، جاتمایی مجدد فضاهای خیابان بر اساس نیازها، فراهم نمودن تسهیلات لازم و اعمال قوانین مناسب فراهم شده باشد.

۵- شرایط انتخاب معابر جهت احداث خطوط ویژه

شاخص هایی که در انتخاب مسیر مورد استفاده قرار می گیرند به شرح زیر می باشند [۱]:

- تعداد اتوبوس عبوری از مسیر زیاد باشد.
- در مسیر، خط ویژه وجود نداشته باشد و یا در صورت وجود، ناقص بوده و احتیاج به تغییرات ساختاری داشته باشد.
- زمان سفر و تاخیر در مسیر موردنظر زیاد باشد.
- عرض معبر قابلیت ایجاد خط ویژه اتوبوسرانی را دارا باشد (در حدی که در کل مسیر و یا در ایستگاه ها امکان سیقت اتوبوس فراهم آید).
- معبر مورد نظر دارای حداقل طول لازم برای ایجاد خط ویژه اتوبوسرانی باشد.

مسیرهای انتخاب شده از نظر طول، عرض و تعداد اتوبوس عبوری در ساعت و زمان سفر باید دارای شرایط زیر باشند [۱]:

- حداقل طول مسیر ۵۰۰ متر باشد.
- حداقل عرض مسیر ۲۵ متر باشد.
- تعداد اتوبوس عبوری از مسیر موردنظر در یک ساعت بیش از ۶۰ دستگاه باشد.
- نسبت t/t_0 (نسبت زمان سفر قبل از احداث خط ویژه به زمان سفر آزاد) مسیر مورد مطالعه بیش از ۲ باشد.

در انتخاب مسیر جهت احداث خطوط BRT باید موارد زیر را لحاظ نمود:

- خطوط BRT در صورت امکان باید در خیابان ها و جاده هایی که نسبتاً در یک راستا هستند احداث شوند. مسیر باید کاملاً مستقیم و تعداد گردش های آن تا حد ممکن کاهش یابد. مسیرهای ویژه اتوبوس به صورت یکطرفه از مطلوبیت زیادی برخوردار نیستند [۱].
- مسیر جدید BRT جهت احداث باید بتواند با مدهای دیگر سفر در آن مسیر رقابت کند. برای مثال زمان سفر در مسیر BRT باید قابل رقابت با زمان سفر سایر وسایل در همان مسیر باشد [۲].
- مسیرها باید عمدتاً شعاعی باشند و مرکز شهر را به مناطق تجاری و مسکونی دورافتاده وصل کنند. از مسیرهای غیرشعاعی در شهرهای بزرگ وقتی که بتوانند مراکز مهم جاذب سفر و مناطق مسکونی را بهم وصل کنند استفاده می شوند [۳]. جهت احداث مسیرهای منشعب از محدوده مرکزی شهر حداقل ۷۵۰۰۰ شغل باید در مرکز شهر وجود داشته باشد [۴].
- مسیر انتخابی باید بتواند میزان جریان مسافر عبوری را در طول مسیر بیشینه و تأخیر کل مسافران را کمینه کند. پس از ساخت مسیر باید مقدار زمان سفر صرفه جویی شده مسافران وسیله همگانی پیش از زمان تلف شده مسافران شخصی باشد. تعداد مسافران عبوری به ازای هر خط BRT در هر ساعت باید از تعداد مسافر عبوری در هر خط مجاور (مخصوص وسایل نقلیه شخصی) در آن مسیر در طی ۳ الی ۵ سال پس از اجرای طرح بیشتر باشد [۳].
- مسیر انتخابی باید بگونه ای باشد که ورود و خروج اتوبوس ها از آن با ایمنی و راحتی انجام گیرد [۳].

مسیرهای حرکت خارج از خیابان های شهری

- مسیرهای حرکت خارج از خیابان برای خطوط طولانی BRT می تواند سرعت بیشتر و تداخل کمتری را با ترافیک ایجاد نماید. ملاحظات زیر باید برای گسترش BRT در جاده های مخصوص و آزادراه ها مدنظر قرار گیرد [۱]:
- سرویس راحت و سریع در بهترین حالت زمانی ایجاد می شود که اتوبوس ها در مسیر تفکیک شده ویژه اتوبوس و یا خطوط رزرو (ذخیره) آزادراهها و یا در آزادراههایی که اولویت تقدم برای آنها دیده شده است حرکت کنند.
 - در هر کجا که امکان داشته باشد مسیرهای اتوبوس باید دارای تقدم حق عبور با مسیر ویژه باشند. مطلوبیت این مسیرها بر اساس اولویت مکانی عبارت است از ۱- مسیر کاملاً مجزا ۲- مسیر در یک طرف بزرگراه ها ۳- مسیر با رفوز میانی در بزرگراه ها
 - باندهای موجود در بزرگراههایی که تحت فشار سنگین تقاضای سفر قرار دارند نبایستی به باند اختصاصی اتوبوس تندرو تبدیل شوند. در این حالت بهتر است خطوط جدید احداث شود تا تراکم ترافیک معمول بدتر نشود.

۶- شرایط انتخاب مکان جهت احداث ایستگاه (مکانیابی ایستگاه) BRT

محل ایستگاه باید بگونه ای باشد که شرایط زیر را برآورده سازد [۴]:

- تا حد ممکن بتوان از ایستگاه های موجود اتوبوس بهره جست و هزینه های عمده را کاهش داد.
- به جز در مناطق اصلی تولید سفر، ایستگاه ها باید بطور متوسط در هر ۱۲۰۰ متر از هم قرار بگیرند تا سرعت و کارایی را در حد رقابت با وسیله شخصی داشته باشند.
- باید بطور بهینه ای در مجاورت نقاط تولید سفر اصلی قرار گیرند، مانند مراکز خدماتی-اجتماعی، مناطق مسکونی با تراکم بالا، دانشگاه ها و مراکز آموزش عالی و مراکز تجاری.
- باید در جایی باشند که بتوانند متوسط مسافر سوار شده به ازای هر ایستگاه را سرویس دهی نمایند.
- در حد امکان سعی شود ایستگاه ها بصورت مشترک (برای هر دو مسیر) اجرا شوند تا تعویض خط برای مسافری را کاهش و ایمنی آنان را افزایش دهد.
- برای سرویس دهی به مناطق مسکونی با تراکم زیاد و مناطق توسعه یافته تجاری در مکان هایی با قابلیت بالای سرویس دهی برای تشویق به استفاده از حمل و نقل همگانی واقع شود. تراکم مسکونی و تجاری در اطراف ایستگاه ها باید مطابق جداول (۶-۱) و (۶-۲)^۱ باشد.
- با توجه به محدودیتهای ایمنی و شرایط فیزیکی معین شود.
- دور از تقاطع قرار بگیرد به جز درحالتیکه محدودیت های فیزیکی و یا شرایط ایمنی محل مانع وجود ایستگاه دور از تقاطع شود.
- محل ایستگاه های کناری بگونه ای باشد که پیاده رو دارای عرض قابل قبولی بر اساس استانداردهای ADA^۲ (ویژه معلولین جسمی) باشد. ایستگاه های کناری نباید در خیابان هایی بدون پیاده رو و یا با پیاده رو هایی کم عرض تر از استاندارد ADA واقع شوند.
- محل ایستگاه ها باید حریم کافی برای ساخت سرپناه، نصب تجهیزات دریافت کرایه و سایر تسهیلات مسافران و نیز فضای کافی برای جا دادن تقاضای طراحی شده مسافران را داشته باشد.

^۱ مقادیر این جداول در منبع اصلی بر حسب جریب فرنگی و مایل آورده شده است که در متن حاضر به جهت هماهنگ سازی واحد ها، به ترتیب به کیلومتر مربع و متر تبدیل شده است.

^۲ Americans with Disabilities Act

جدول ۶-۱- مقادیر تراکم مسکونی در محل، جهت احداث ایستگاه BRT

تراکم بصورت تعداد واحد مسکونی در هر کیلومتر مربع در شعاع ۵۳۶ متری از محل ایستگاه			
مکان ایستگاه	حداقل [*]	مطلوب ^{**}	بهبینه ^{***}
مناطق با تراکم متوسط به بالا	۴۹۴۰	۶۸۰۰	۸۶۵۰ <
محلات با تراکم متوسط به پایین	۲۴۷۰	۳۷۱۰	۴۹۴۰ <

^{*} در صورت وجود شواهدی مبنی بر افزایش تراکم در محل، احداث ایستگاه در محدوده ای با تراکم حداقل پلامانع است.

^{**} محدوده های مناسب برای ساخت ایستگاه

^{***} محدوده هایی که بیشترین اولویت را در ساخت ایستگاه دارند.

جدول ۶-۲- مقادیر تراکم تجاری در محل، جهت احداث ایستگاه BRT

تراکم بصورت نسبت مساحت کف (FAR ^۱) در شعاع ۵۳۶ متری از محل ایستگاه			
مکان ایستگاه	حداقل [*]	مطلوب ^{**}	بهبینه ^{***}
مناطق با تراکم متوسط به بالا	۱	۱/۵	۲
محلات با تراکم متوسط به پایین	۰/۵	۰/۷۵	۱

از سوی دیگر اهمیت احداث یک ایستگاه به تعداد مسافری سوار پیاده شده و تعداد مسافری که متقاضی پیاده شدن در ایستگاه نمی باشند بستگی دارد. در صورتیکه تعداد مسافری متقاضی سوار پیاده شدن در یک محل از تعداد مسافری مانده در اتوبوس که تقاضای پیاده شدن را ندارند بیشتر باشد، ایجاد ایستگاه الزامی می باشد [۲].

^۱ Floor Area Ratio

۷- اثر سطح سرویس در احداث خط ویژه اتوبوس

در صورتی که سطح سرویس از یک سطح پایین در مقاطع مختلف برای وضع موجود معبر، به یک سطح بالاتر برای حالت مفروض پس از احداث خط ویژه ارتقاء یابد، احداث خط ویژه اتوبوس برای معبر مورد نظر توصیه می شود [۱]. اگر سطح سرویس تغییری نکند و یا به یک سطح پایین تر نزول پیدا کند با توجه به این که در صورت احداث خط ویژه و بهبود سرعت سیستم اتوبوسرانی، تعدادی از مسافران وسایل نقلیه شخصی جذب سیستم حمل و نقل عمومی می شوند، می توان با در نظر گرفتن سایر شرایط منطقه و تعداد اتوبوس های عبوری در مورد احداث خط ویژه اتوبوس اقدام کرد. در معبر مورد نظر از دیدگاه تعداد مسافر جابجا شده در معبر افزایش خواهیم داشت، باز هم احداث خط ویژه اتوبوس توصیه می شود [۱]. اگر سطح سرویس با دو یا چند سطح نزول مواجه شود، احداث خط ویژه توصیه نمی شود.

این شیوه باید برای تمام مقاطع معبر مورد نظر تکرار شود و در نهایت بر اساس جمع بندی نتایج مربوط به هر مقطع در مورد احداث خط ویژه اتوبوس برای معبر مورد نظر تصمیم گیری شود.

۸- نوع خطوط اتوبوس رانی مناسب برای سطوح مختلف تقاضا

نوع خط ویژه با توجه به میزان تقاضای مسافر تعیین می گردد [۵]. راه حل های معمول برای سطوح مختلف تقاضا در جدول (۸-۱) نشان داده شده است. این جدول نمایانگر یک ماتریس تصمیم گیری مقدماتی است که تقاضای مسافران را با نوع سیستم مرتبط می سازد. تجزیه و تحلیل بعدی و تصمیم گیری عملیاتی در نهایت تعیین می کند که چه نوع سیستمی، مناسب ترین است.

جدول ۸-۱- راه حل های معمول برای سطوح مختلف تقاضا

مسافر در هر ساعت در هر مسیر	جداسازی فیزیکی	اختصاصی بودن مسیر	محل قرار گیری مسیر	توضیحات
کمتر از ۲۰۰۰	بدون تقسیم بندی فیزیکی	صرفاً اولویت اتوبوس (جوابگو بودن استفاده از مسیرهای اتوبوس نیمه وقت)	-	-
۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰	مجزا	برای استفاده خدمات مستقیم ^۱	-	کاهش نیاز به تعویض خط
۸۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰	مجزا	برای استفاده خدمات اصلی ^۲	مسیرهای اتوبوس میانی	نیازمند تعویض خط هستند، اما از سرعت بالا و سوار کردن سریع مسافر بهره می برند، با اولویت عبور در تقاطع ها
۱۵۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰	جداسازی فیزیکی	استفاده احتمالی خدمات سریع السیر ^۳ و دارای توقف	مسیرهای اتوبوس میانی	تأمین اولویت عبور در برخی تقاطع ها. با امکان سبقت گرفتن در ایستگاه ها
بالای ۴۵۰۰۰	جداسازی کامل	تنها اتوبوس و خدمات سریع السیر	مسیرهای اتوبوس دوطرفه (مضاعف) و توقف تنها در چند ایستگاه	این سطح تقاضا در سیستم های اتوبوسرانی فعلی بسیار نادر است. البته امکان طراحی یک سیستم BRT وجود دارد که بتواند حتی ۵۰۰۰۰ مسافر را در هر ساعت در هر مسیر حمل کند. این ظرفیت از طریق توزیع بار در دو یا چند مسیر قابل تحقق است.

^۱ سرویس دهی که به جای استفاده از یک مسیر اصلی و یک تغذیه کننده، هر دو مسیر را طی کرده و نیاز به تعویض خط را کاهش می دهد [۲].

^۲ سرویس دهی سیستم BRT در خیابان های شهری درجه ۲ اصلی که به مراکز تجاری، اداری و یا دیگر مکانهای پرتردد خدمات دهی می کنند.

^۳ سرویس دهی اتوبوس بدون توقف در برخی ایستگاه ها (عدم توقف در ایستگاه های دارای تقاضای پایین).

۹- تأثیر مسیر ویژه اتوبوس بر ترافیک مختلط شهری

جریان فعلی ترافیک در پرازدحام ترین مقاطع خیابان (بر مبنای تعیین حجم ترافیک) باید به حجم معادل سواری خودروهای عبوری برای هر خط موجود در خیابان تبدیل شود [۱۵]. اگر خط های خیابان مشخص نشده باشند، آنگاه این تبدیل باید برای هر ۳ متر عرض خیابان انجام شود. با توجه به اینکه معمولا پس از احداث خطوط BRT، بخشی از تقاضای وسایل نقلیه شخصی و تاکسی جذب خطوط BRT می گردند، لازم است تا با در نظر گرفتن این موضوع، واحد خودروهای عبوری پس از احداث این خطوط تعیین گردد. اگر واحد خودروهای عبوری در شرایط پس از احداث خطوط BRT بیش از واحد خودروهای عبوری پیش از بکارگیری این خطوط باشد آنگاه سیستم جدید BRT ازدحام در باندهای ترافیک مختلط شهری را افزایش داده است [۱۵].

۱- مقدمه

در جهت توسعه عملکرد سرویس های حمل و نقل عمومی و پاسخگویی به تقاضای سفر در برخی محورهای با حجم بالای سفر به ویژه در بزرگراه ها می توان اقدام به احداث خطوط ویژه تردد وسایل نقلیه با ظرفیت بالا نمود. این خطوط بوسیله نرده و یا جدول از ترافیک سایر وسایل نقلیه جدا می شوند تا صرفاً وسایل نقلیه با چند سرنشین در آن حرکت کند. این سیستم در صورتی کارایی بالایی خواهد داشت که مدیریت و کنترل آن با دقت و ظرافت همراه باشد.

در شهرهایی که این خطوط اجرا و مورد بهره برداری قرار گرفته اند، عملکرد آنها مبین رقابت نزدیک با خطوط ریلی می باشد. هزینه سرمایه گذاری برای ایجاد چنین خطوطی نسبت به هزینه ای که از ترافیک ایجاد شده به بار می آید به مراتب کمتر است. این خطوط معمولاً در محورهایی از شهر احداث می شوند که در حرکت های شهری نقش کلیدی دارند و حجم زیادی از سفرها را هدایت می کنند.

مقادیر معمول مشخصه های سیستم BRT در جدول (۱-۱) آورده شده است [۵].

جدول ۱-۱- مقادیر معمول شاخصه های سیستم BRT

پارامتر	طیف معمول
ظرفیت خودرو، اتوبوس استاندارد	۶۰ - ۷۵ مسافر
ظرفیت خودرو، اتوبوس مفصل دار	۱۴۰ - ۱۷۰ مسافر
ظرفیت خودرو، اتوبوس دو مفصلی	۲۴۰ - ۲۷۰ مسافر
ضریب اشغال، زمان اوج	۰/۸ - ۰/۹
ضریب اشغال، زمان غیر اوج	۰/۶۵ - ۰/۸
فاصله حرکت، هر توقفگاه، زمان اوج	۱ - ۳ دقیقه
فاصله حرکت، هر توقفگاه، زمان غیر اوج	۴ - ۸ دقیقه
زمان توقف، زمان اوج	۲۰ - ۴۰ دقیقه
زمان توقف، زمان غیر اوج	۱۷ - ۳۰ دقیقه
تعداد توقفگاه ها	۱ - ۵ توقفگاه

۲- خطوط و مسیر های حرکتی

۱-۲- کنترل دسترسی

در جدول (۱-۱-۲) مسیرهای حرکت سیستم BRT از نظر میزان دسترسی طبقه بندی شده اند. پیشرفته ترین حالت خطوط کاملاً مجزای غیر همسطح و ابتدایی ترین حالت، خطوط حرکتی موجود در خیابان های شریانی با ترافیک مختلط است [۱].

جدول ۱-۱-۲- طبقه بندی مسیرهای حرکت بر اساس نحوه و میزان تفکیک

رده دسترسی	کنترل دسترسی	نوع تسهیلات
I	جریان غیر منقطع- کنترل کامل دسترسی	تونل های ویژه اتوبوس، مسیر غیر همسطح، خطوط ویژه در آزادراه ها
II	کنترل منقطع دسترسی	مسیر همسطح BRT
III	خطوط جدا شده فیزیکی در حریم خیابان	مسیر میانی در شریانی ها
IV	خطوط انحصاری/ نیمه انحصاری	خطوط BRT همسو یا خلاف جهت جریان ترافیک
V	ترافیک مختلط	---

خطوط و یا خیابانهای BRT تا جایی که ممکن است باید تمام مدت اختصاصی باشند. این امر برای مسافران هویت بهتری را از این خطوط ترسیم نموده که به راحتی می توان با مشخص سازی روسازی با رنگ خاص این امر را تسهیل کرد [۱].

زمانی که تعداد اتوبوس های خط BRT از ۴۰ دستگاه در ساعت بیشتر باشد لازم است از مسیر اختصاصی استفاده شود. هنگامی که تعداد اتوبوس BRT عبوری در هر جهت در ساعت اوج از ۲۰ اتوبوس در ساعت کمتر شود می توان اجازه تردد اتوبوس های محلی را در خطوط BRT نیز داد [۳].

اگر تواتر اتوبوسهای BRT کمتر از این مقدار باشد مطلوب است که اتوبوس های محلی نیز از تسهیلات این مسیرها استفاده کنند زیرا تراکم ناشی از اتوبوس ها بوجود نخواهد آمد که موجب نارضایتی مسافرین گردد [۱]. اتومبیل های پلیس، آتش نشانی، آمبولانس و وسایل نقلیه امدادی باید اجازه استفاده از مسیر اتوبوس BRT و خیابان های مخصوص اتوبوس را داشته باشند.

۲-۲- انواع خطوط حرکتی

خطوط همسو یا جریان: در مکانهایی که پارک حاشیه ای باید حفظ گردد خطوط BRT همسو با جریان ترافیک در مجاورت خط پارک در خیابان های یکطرفه و دوطرفه ایجاد می شوند و در غیر اینصورت در حاشیه خیابان واقع خواهد شد. 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 [۷].

خطوط خلاف جهت حرکت: مناسب ترین حالت این خطوط با عرض ۴ تا ۴/۵ متر است تا بتوان فضایی نیز برای ایستادن افرادی که در وسط معبر قرار گرفته اند و قصد عبور از جریان ترافیک مقابل را دارند فراهم کرد [۷]. در مسیرهای خلاف جهت جریان، عرض معبر باید حداقل ۲ خط را در جهت خلاف مسیر BRT تأمین کند [۳]. مسیرهای در جهت جریان ترافیک باید حداقل ۲ خط مجاور برای عبور ترافیک شخصی را فراهم کنند [۴]. در مسیرهای یکطرفه با مسیر کناری BRT، محل توقف تاکسی ها برای سوار و پیاده کردن مسافر باید در سمت دیگر خیابان باشد [۱].

طراحی و بهره برداری از مسیرهای اتوبوسرانی تندرو باید با خدماتی که خطوط مجاورشان ارائه می دهند هماهنگ باشد. بارگیری و باراندازی کالا در زمانی که خطوط اتوبوس ها در مسیر کناری BRT فعال است باید ممنوع باشد و یا باید در سمت دیگر خیابان، خیابانهای مجاور و یا مکانهایی خارج از خیابان صورت گیرد. هماهنگ کردن مسئله بارگیری و بار اندازی کالا به خصوص در زمانی که خط BRT در خلاف جهت جریان ترافیک باشد ضروری است [۱].

خطوط میانی: در مسیرهایی که عرض کافی دارند، خطوط BRT می توانند در وسط خیابان یا جریان تعبیه شوند. برای تمایز این خطوط از سایر خطوط عبوری باید از رنگهایی در این خطوط استفاده کرد. دسترسی به این خطوط در طول مسیر بطور پیوسته امکان پذیر بوده و در صورت خرابی اتوبوسی در مسیر، سایر اتوبوس ها می توانند با تغییر مسیر و استفاده از خطوط عبوری سایر وسایل نقلیه به مسیر خود ادامه دهند [۷].

۲-۳- انواع مسیرهای حرکتی

- مسیرهای حرکت در ترافیک مختلط

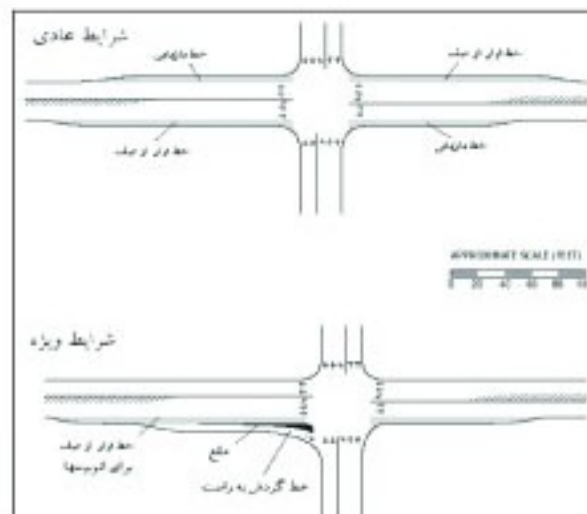
در شرایطی که موانع فیزیکی، محیطی و ترافیکی اجرای خطوط BRT را امکان پذیر نسازند و اتوبوس ها قادر باشند در خیابانها با سرعت مناسب عبور کنند، سیستم اتوبوس تندرو می تواند در خیابان های موجود و بصورت مختلط عمل کند. مزایای این مسیر، هزینه اجرا و سرمایه گذاری پایین و اجرای سریع و معایب آن سرعت حرکت، قابلیت اطمینان خدمات و مقبولیت پایین و زمان تأخیر بالاست [۷]. راهکارهایی برای کاهش تأخیر این سیستم عبارتند از:

الف) توقفگاه پیش آمده اتوبوس: به منظور تسهیل در امر پهلوگیری و جلوگیری از توقف وسایل نقلیه دیگر در محل ایستگاه، مکان ایستادن مسافران بصورت پیش آمده در حریم خیابان اجرا می شود. این امر سبب ۱- ایجاد فضای بیشتر برای توقف مسافران، ۲- کاهش عرض خیابان برای عبور ایمن مسافران، ۳- حذف حرکت جانبی اتوبوس ها در هنگام ورود و خروج به ایستگاه، ۴- حذف تأخیر ناشی از بازگشت مجدد اتوبوس به خطوط جریان در هنگام خروج و ۵- جداسازی افراد منتظر در ایستگاه و افرادی که در پیاده رو حرکت می کنند، خواهد شد [۷].

در شرایط زیر استفاده از توقفگاه پیش آمده در مسیر حرکت مختلط به صرفه خواهد بود:

- رفت و آمد زیاد اتوبوس ها
- حجم زیاد مسافران سوار و پیاده شده
- وجود پیاده رو
- لزوم کاهش سرعت سایر وسایل (از توقفگاه پیش آمده می توان بعنوان وسیله ای برای آرام سازی استفاده کرد)
- وجود حداقل ۲ خط دیگر برای عبور جریان کلی ترافیک از کنار اتوبوس متوقف
- وجود مشکل در بازگشت اتوبوس ها به جریان ترافیک در هنگام خروج از ایستگاه

ب) مسیرهای فرار از صف: مسیرهای فرار از صف معمولاً در تقاطعات چراغدار و یا سایر مکانهایی که ازدحام ترافیک در زمان اوج ترافیک وجود دارد (مانند مکان هایی که عرض خطوط کاهش پیدا می کند یا در پل ها و ...) ایجاد می شوند. این مسیرها می توانند بصورت مشترک با گردش به راست باشند [۷].



شکل ۲-۳-۱- نمای کلی مسیرهای فرار از صف

- مسیر میانی در شرایطی ها

این مسیرها نیز مانند خطوط میانی در مسیرهایی با عرض کافی اجرا می شوند و علاوه بر آن موانع فیزیکی برای تفکیک مسیر BRT از خطوط عبوری و محدود نمودن دسترسی نیز اجرا می شود. برای احداث این مسیرها حداقل عرضی معادل ۳ تا ۴ خط عبوری نیاز است [۷]. در مسیر میانی BRT در هر طرف باید حداقل یک خط عبوری و یک خط پارک قابلیت اجرا داشته باشد و در حالتی که پارک ممنوع می باشد یک خط برای گردش به چپ در نظر گرفته شود [۳].

- مسیر همسطح

اینگونه مسیرها بعلت اینکه وسایل نقلیه سیستم اتوبوس تندرو را از جریان کلی ترافیک بطور کامل مجزا می سازند و امکان دسترسی وسایل دیگر به این مسیر را از طریق موانع فیزیکی از بین می برند، امکان افزایش و بهبود سرعت، قابلیت اطمینان و ایمنی را برای سیستم اتوبوس تندرو فراهم می نمایند. تنها نقطه تلاقی خطوط مجزای همسطح با خطوط عبوری وسایل نقلیه دیگر در تقاطعات است.

- مسیر غیر همسطح

غیر همسطح سازی در شرایط زیر برای بی آرتی مناسب است [۵]:

- میادین؛
- تقاطعهای پر ازدحام؛
- بخشهای پر تراکم، مناطق مرکزی.

۲-۴- ظرفیت مسیر

فرمول پایه برای ظرفیت مسیر مطابق رابطه (۲-۴-۱) و حداکثر ظرفیت خطوط BRT و مقادیر معمول مشخصه های سیستم BRT در جدول (۲-۴-۱) آورده شده است [۵]:

ظرفیت مسیر (در هر ساعت در هر جهت) = ظرفیت خودرو (مسافر/خودرو) * ضریب اشغال * توالی خدمات (خودرو/ساعت) * تعداد توقفگاه ها (۲-۴-۱)

جدول ۲-۴-۱- حداکثر ظرفیت خطوط BRT [۱]

نوع خط	حداکثر جریان قابل عبور (اتوبوس در هر ساعت)	الزامات
مسیر تفکیک نشده با موانع فیزیکی در خیابانهای شهری	۹۰ - ۱۲۰	-
مسیر دو خطه در مرکز شهر	۱۵۰ - ۲۰۰	-
مسیر میانی دارای خط سبقت در ایستگاه	> ۲۰۰	-
خطوط BRT در بزرگراه، بدون توقف در هیچ ایستگاهی	۷۵۰	طراحی مناسب در ورودی ها، وجود ظرفیت مناسب در پایانه

۲-۵- تعداد خطوط وسایل شخصی در راستای مسیر BRT

بر مبنای شرایط خاص محلی، هر خیابان باید علاوه بر مسیر BRT همسو با جریان حداقل ۲ خط دیگر برای ترافیک سواری شخصی تامین نماید. در صورتی که مسیر اتوبوس در خلاف جهت جریان باشد نیز باید حداقل ۲ خط برای ترافیک سواری شخصی تامین شود [۱].

مسیر BRT در وسط خیابان، باید حداقل یک خط عبوری و یک خط پارکینگ را در هر طرف خود تامین کند. همچنین لازم است که در تقاطعات حداقل یک خط عبوری مستقیم و یک خط گردش به چپ در هر طرف از مسیر BRT ایجاد شود.

۲-۶- عرض مسیرو اجزاء آن

در جدول (۲-۶-۱) مقادیر استاندارد عرض وسایل نقلیه و خطوط اتوبوس BRT آورده شده است [۵].

جدول ۲-۶-۱- مقادیر مطلوب و حداقل عرض وسایل و خطوط

عامل	عرض (متر)	توضیحات
خودرو BRT	۲/۶	-
خودروی شخصی	۲/۲	-
خط استاندارد خودروی BRT	۳/۵	مقدار مطلوب جهت حفظ ایمنی خودرو
خط استاندارد خودروی شخصی	۳ - ۳/۵	-
مسیر BRT در محل ایستگاه	۲ - ۲/۷	اگر خودرو به لحاظ فیزیکی از یک ساز و کار هدایت کننده برخوردار باشد آنگاه عرض ۲/۷ متری خط نیز امکان پذیر است.
خط BRT در جهت جریان	۴ - ۳/۶۵	مقدار مطلوب (حداقل مقدار ۳/۳۵ متر می باشد)
خط BRT در خلاف جهت جریان	۴/۵ - ۴	مقدار مطلوب (حداقل مقدار ۳/۷ متر می باشد)
شانه راه در مسیر اختصاصی BRT	۱/۲	مقدار مطلوب (حداقل مقدار ۰/۶ متر می باشد)
مانع یا جدول	۰/۶	مقدار مطلوب (حداقل مقدار ۰/۴۵ متر می باشد)

خطوط BRT در جهت خلاف جریان ترافیک به دلیل ایجاد فضای لازم بین مسیر اتوبوس و جریان خلاف جهت آن باید چند فوتی عرض بیشتر داشته باشند [۱].

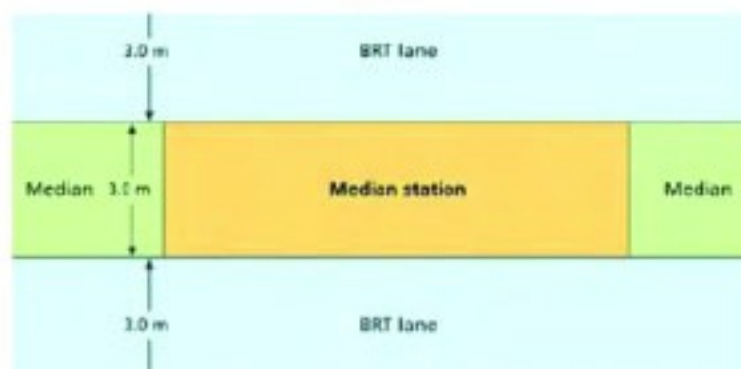
مسیر BRT باید امکان سبقت گیری اتوبوس های سریع السیر را از اتوبوس های معمولی در ایستگاه ها فراهم نماید. این امر باعث افزایش انعطاف پذیری سرویس دهی، راحتی و ظرفیت می شود. مقطع عرضی در ایستگاه ها باید ۱۵/۳ تا ۲۴/۴ متر عرض داشته باشد [۱].

مسیرهای یک خطه تفکیک شده با جداکننده فیزیکی باید حداقل عرض ۴/۲ متر و شانه ۱/۲ متر داشته باشند تا فضا برای سبقت اتوبوس ها از هم و یا توقف وسایل معیوب در مسیر وجود داشته باشد [۸].

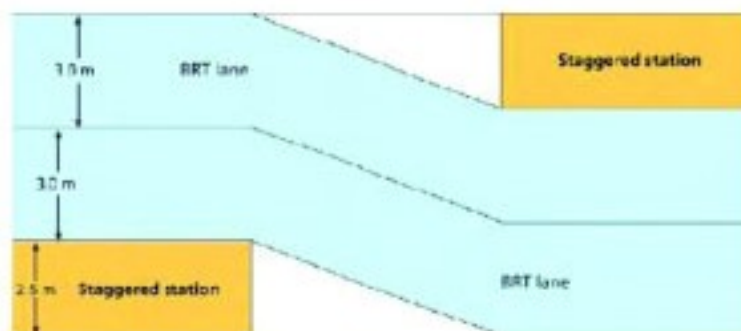
علاوه بر عرض مسیر BRT، یک حداقل فاصله ۳۰ سانتی متری باید در شرایط وجود جداکننده مسیر از ترافیک شهری، میان خط BRT و جداکننده لحاظ گردد [۸].

در مسیر میانی ایستگاه های میانی به سفرها در دو جهت مسیر خدمات دهی می کنند درحالیکه ایستگاه های مجزا تنها برای نیمی از مسافران و برای یک جهت مناسب خواهد بود و بنابراین امکان کاهش عرض وجود دارد (شکل ۲-۶-۱).

فضای مورد نیاز یک ایستگاه میانی
(حداکثر ۹ متر)



فضای مورد نیاز یک ایستگاه مجزا
(حداکثر ۸.۵ متر)



شکل ۲-۶-۱- فضای مورد نیاز خطوط BRT در حالت ایستگاه های میانی و مجزا

میزان افزایش عرض مسیر در محل انحنای با توجه به سرعت طراحی اتوبوس و عرض مسیر مطابق جدول (۲-۶-۲) تعیین می شود [۳]. از مقادیر کمتر از ۴۵ سانتی متر می توان چشم پوشی نمود.

جدول ۲-۶-۲- اضافه عرض مورد نیاز در اتحنای یک مسیر دوطرفه با دوخط اتوبوس BRT (ساتی متر)

عرض مسیر							شعاع (متر)
۶/۷ متر			۷/۳ متر				
سرعت طراحی (کیلومتر بر ساعت)			سرعت طراحی (کیلومتر بر ساعت)				
۶۵	۵۰	۱۳۰	۱۰۰	۸۰	۶۵	۵۰	
۹۰	۷۵				۶۰	۴۵	۱۵۰
۶۰	۶۰			۴۵	۳۰	۳۰	۲۵۰
۶۰	۴۵		۴۵	۳۰	۳۰	۱۵	۳۰۰
۳۰	۳۰	۳۰	۱۵	۰	۰	۰	۶۰۰
۳۰	۱۵	۱۵	۰	۰	۰	۰	۹۰۰
۱۵	۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰۰

۲-۷- طول مسیر

طول مسیر بمنظور حفظ قابلیت اطمینان خدمات نباید بسیار زیاد باشد و در حالت ایده آل نیز نباید یک سفر رفت و برگشتی بیش از ۲ ساعت به طول انجامد. حداکثر زمان رفت و برگشت یک سفر ۳ ساعت است [۷].
عموماً طول خط BRT حداقل ۸ کیلومتر است تا اتوبوس اجازه حرکت بدون توقف را داشته باشد [۱]. با فرض مناسب بودن مسیر برای استفاده کنندگان در مرکز شهر، می توان مسیرهای دسترسی به مرکز را ۱۶ تا ۳۰ کیلومتر در نظر گرفت. مسیرهای طولانی تر در آزادراه ها و مسیرهای ویژه جهت خدمات اکسپرس استفاده می شود [۷].

۲-۸- ارتفاع آزاد

فاصله آزاد عمودی در مسیر BRT باید بیش از ۵ متر بوده و توصیه می شود حتی الامکان از ۴/۷ متر کمتر نباشد. در این حالت امکان استفاده سایر وسایل اورژانسی و یا عبور تأسیسات از مسیر BRT فراهم خواهد بود. همچنین می توان در آینده مسیر جایگزین ریلی را اجرا نمود [۸].

۲-۹- شعاع گردشی

حداقل شعاع گردش برای پیش آمدگی جلوی وسیله ۱۲/۷ متر بوده و بهتر است که در حدود ۱۶/۸ - ۱۵/۳ متر در نظر گرفته شود [۳].

۲-۱۰- شیب و بریلندی (شیب عرضی)

میزان بریلندی (شیب عرضی) در سطح سواره رو مسیر BRT باید بین ۲-۱/۵٪ و در شانه مسیر می تواند ۶-۴٪ باشد. شیب طولی مسیر باید کمتر از ۶٪ بوده و در صورتی که پیش بینی شود در آینده به مسیر ریلی ارتقا می یابد حداکثر شیب به ۹٪ محدود می شود [۳].

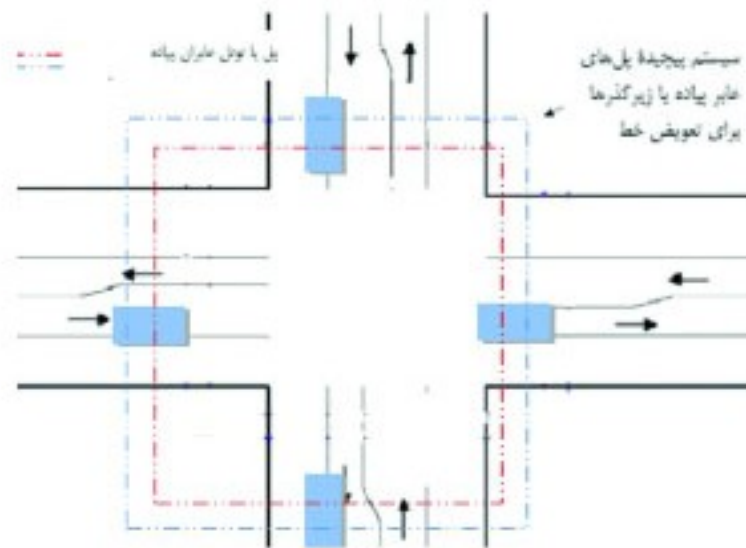
۳- ایستگاه های وسایل حمل و نقل اتوبوسرانی تندرو (BRT)

۳-۱- ارتفاع ایستگاه

سطح ایستگاه های اتوبوس باید ۳۰ سانتیمتر از سطح مسیر BRT بالاتر باشد تا آن را هم تراز یا اولین پله اتوبوس قرار دهد. از طرفی مسافری می توانند خود را در پیاده رو با پیمودن یک شیب ۴ درصدی به ایستگاه اتوبوس برسانند [۵].

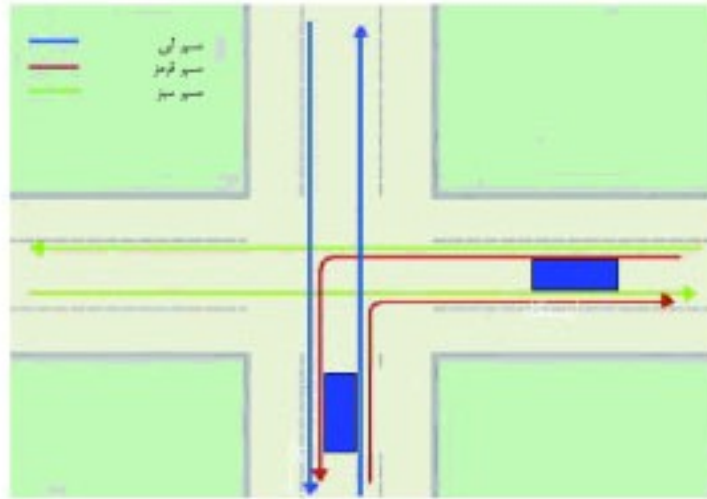
۳-۲- موقعیت ایستگاه

ایستگاه های مجزا و ایستگاه های تلفیق شده مسیر کناری، تعویض خط توسط مسافران را دشوار می سازد [۵]. در چنین مواردی استفاده از مجموعه ای از پل ها یا زیرگذرها، تعویض خط در فضایی بسته را میسر می سازد (شکل (۳-۲-۱)).



شکل ۳-۲-۱- نحوه ارتباط ایستگاه های مجزا

ایستگاه های مسیر میانی امکان تعویض راحت تر خط و جایگشت های چندگانه مسیر را فراهم می کند (شکل (۳-۲)).

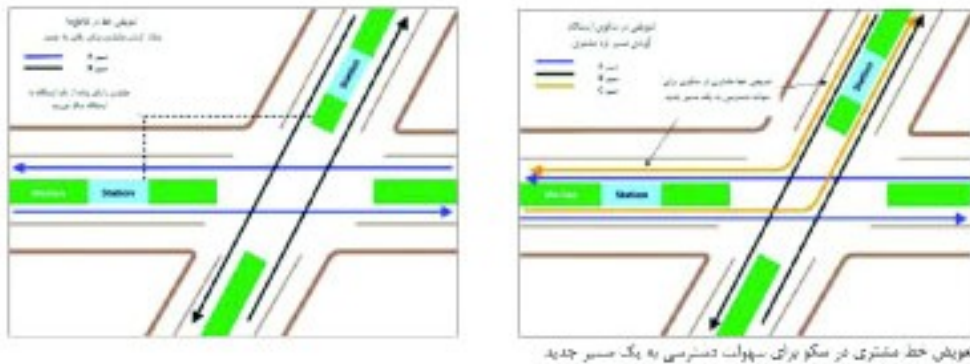


شکل ۳-۲-۳- ایستگاه های مسیر میانی

از آنجا که در ایستگاه های مسیر کناری هرگونه توقفی اعم از توقف خودروی پلیس یا تاکسی دستیابی به ظرفیت بالای ۵۰۰۰ مسافر در ساعت را در هر مسیر دشوار می سازد، لذا استفاده از ایستگاه مسیر کناری توصیه نمی شود [۵].

برای سیستم هایی که تنها دارای یک مسیر هستند، ایستگاههای کناری مانع از تعویض خط نمی شوند زیرا هیچ مسیر دیگری برای تعویض خطوط وجود ندارد.

شکل (۳-۲-۳) سهولت دسترسی مسافران از یک مسیر به سکوی مسیری دیگر را با ایجاد خط جدید نشان می دهد [۵].



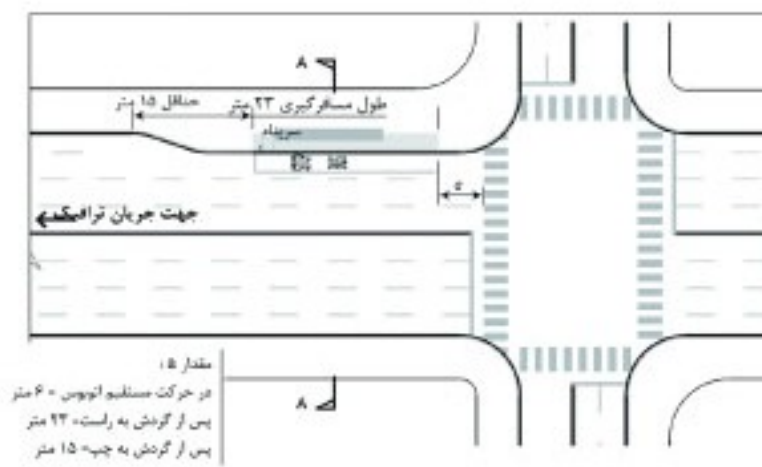
تعویض خط مشترکی در سکو برای سهولت دسترسی به یک مسیر جدید

شکل ۳-۲-۳- تعویض خط مسافران

در صورت استفاده از سیستم های اولویت دهی به اتوبوس ها در تقاطع و یا وجود خط گردش به چپ در نزدیکی تقاطع، از ایستگاه های اتوبوس بعد از تقاطع استفاده می شود [۱].
 استفاده از ایستگاه های دور از تقاطع زمانی که حجم گردش به راست در خیابانی که خط اتوبوس در کنار مسیر واقع شده است بالا باشد، مطلوب است.

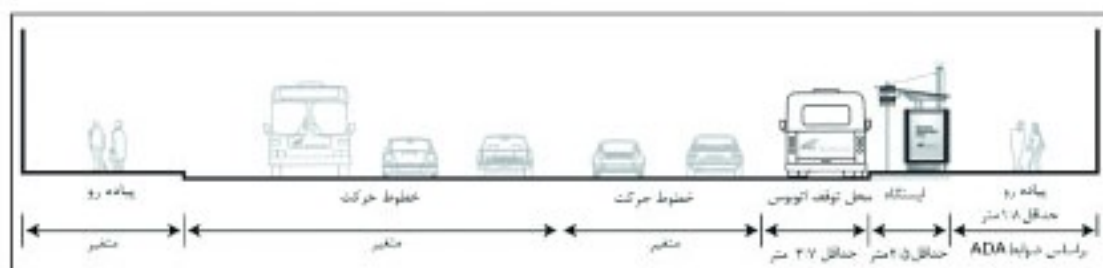
۳-۳- ابعاد ایستگاه

در اشکال (۱-۳-۳) تا (۷-۳-۳) جانمایی و ابعاد ایستگاه های دور و نزدیک تقاطع در مسیر کناری آورده شده است [۴].

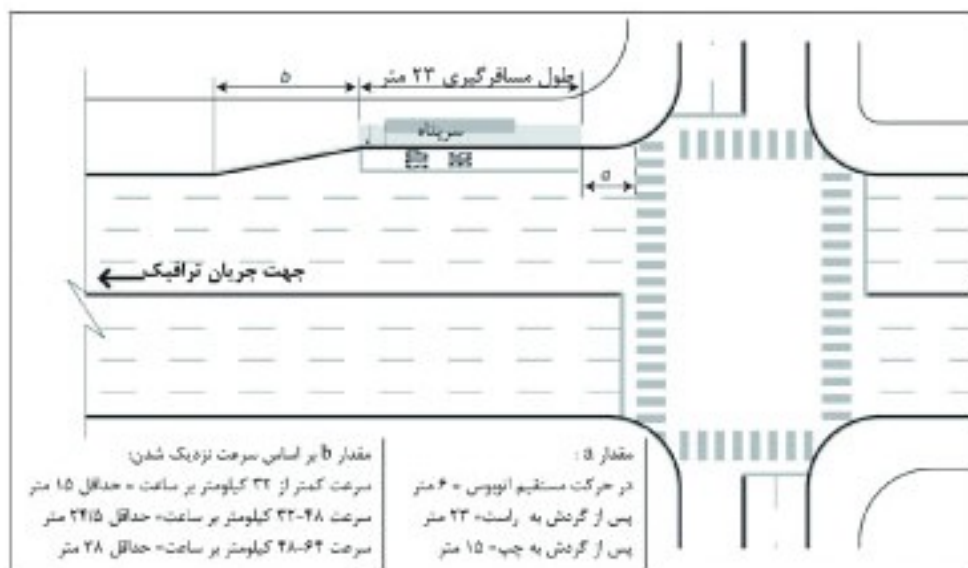


شکل ۳-۳-۱- جانمایی ایستگاه پیش آمده کناری دور از تقاطع

در این شکل مقدار a از لبه خط کشی عرضی و یا انتهای قوس پیاده رو در نظر گرفته می شود.

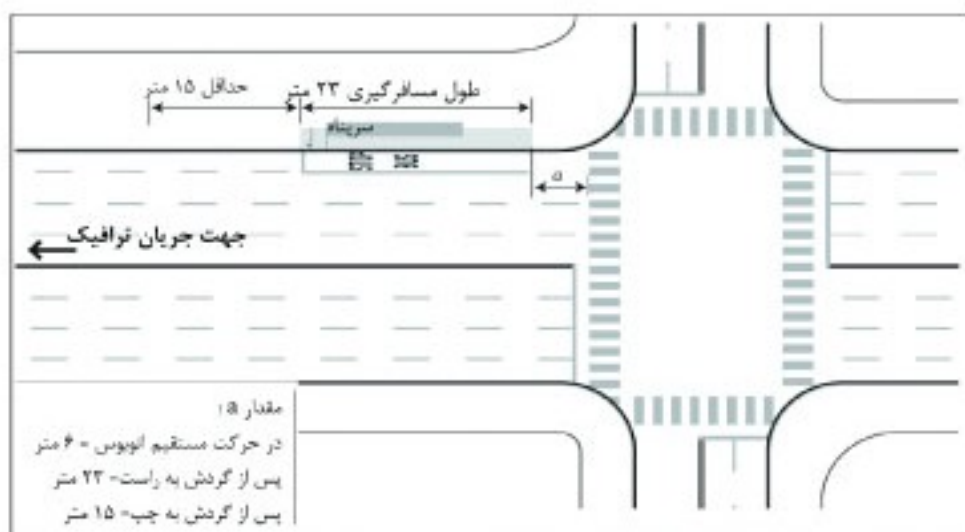


شکل ۳-۳-۲- مقطع عرضی A-A از ایستگاه پیش آمده کناری دور از تقاطع

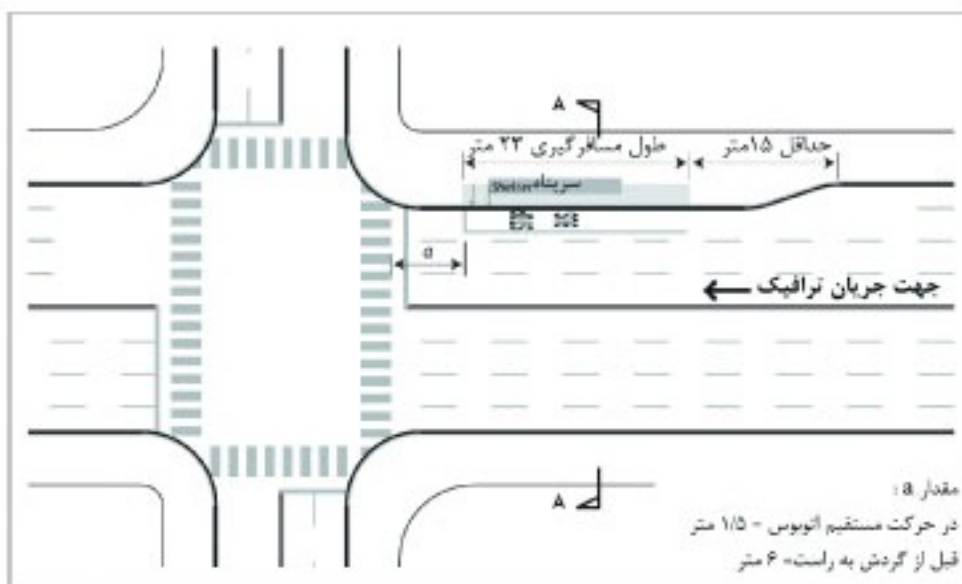


شکل ۳-۳-۳- جانمایی ایستگاه فرورفته کناری دور از تقاطع

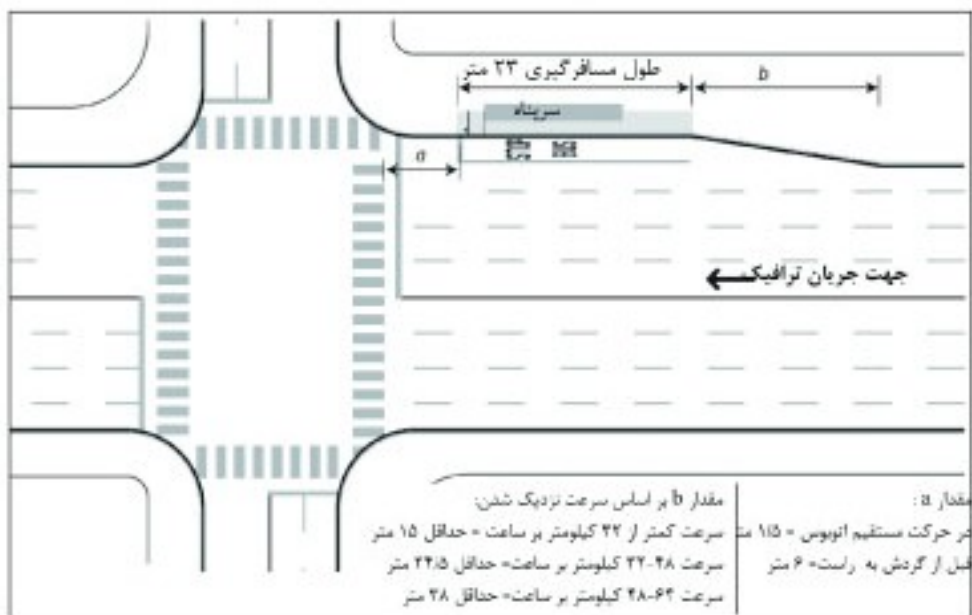
عرض ایستگاه کناری در حالتی که ایستگاه کم عرض تر از پیاده روی می باشد (فرورفته) حداقل ۳ متر خواهد بود.



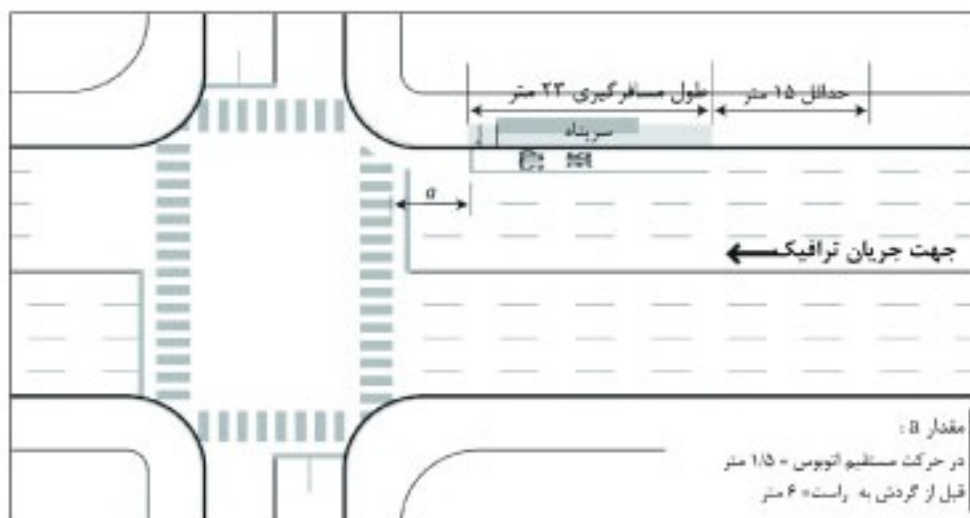
شکل ۴-۳-۳- جانمایی ایستگاه هم عرض پیاده روی دور از تقاطع



شکل ۳-۳-۵- جانمایی ایستگاه پیش آمده کناری نزدیک تقاطع



شکل ۳-۳-۶- جانمایی ایستگاه فرورفته کناری نزدیک تقاطع



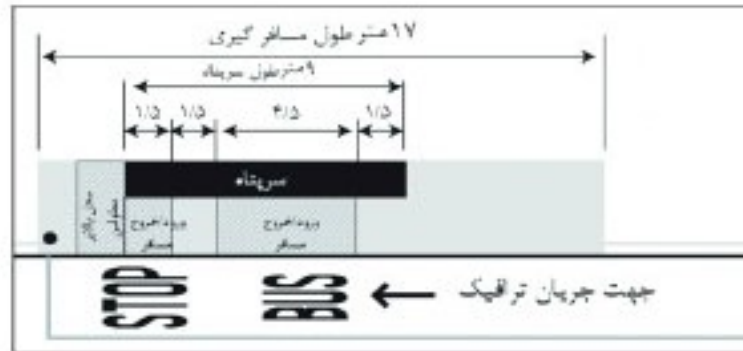
شکل ۳-۳-۷- چنمایی ایستگاه هم عرض پیاده روی نزدیک به تقاطع

طول مسافری مطابق جدول (۳-۳-۱) و بسته به نوع اتوبوس متوقف در ایستگاه کناری تعیین می شود. در اشکال فوق این طول برای استفاده یک اتوبوس مفصلی و یا استاندارد مناسب است [۴].

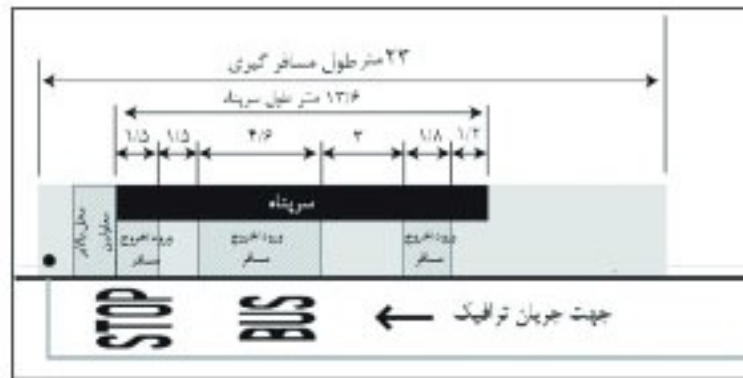
جدول ۳-۳-۱- طول مسافری ایستگاه های کناری BRT

نوع سرویس دهی	طول مسافری (متر)
یک اتوبوس استاندارد ۱۲ متری	۱۷
یک اتوبوس استاندارد ۱۲ متری و یا یک اتوبوس مفصلی ۱۸ متری	۲۳
دو اتوبوس استاندارد ۱۲ متری با هم	۳۷
دو اتوبوس مفصلی ۱۸ متری با هم	۴۳

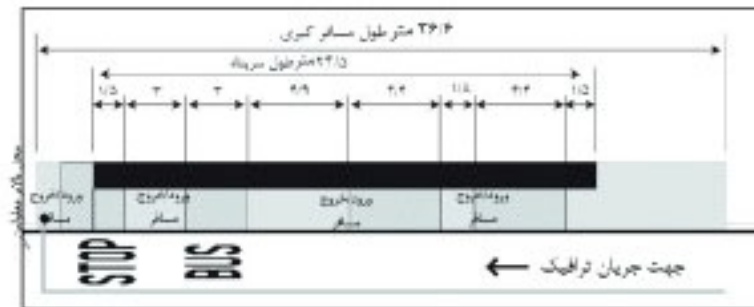
طول قسمتهای مختلف انواع ایستگاه های کناری در اشکال (۳-۳-۸) تا (۳-۳-۱۱) نمایش داده شده است [۴].



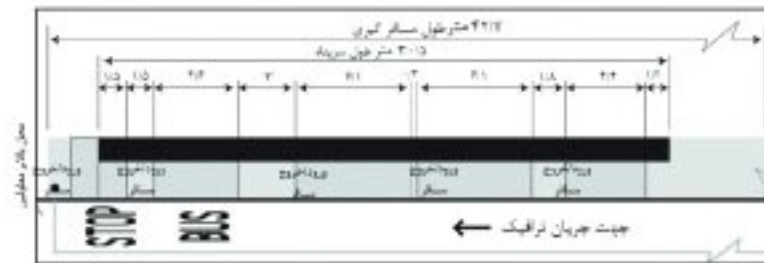
شکل ۳-۳-۸- طول اجزای ایستگاه BRT (۱)



شکل ۳-۳-۹- طول اجزای ایستگاه BRT (۲)

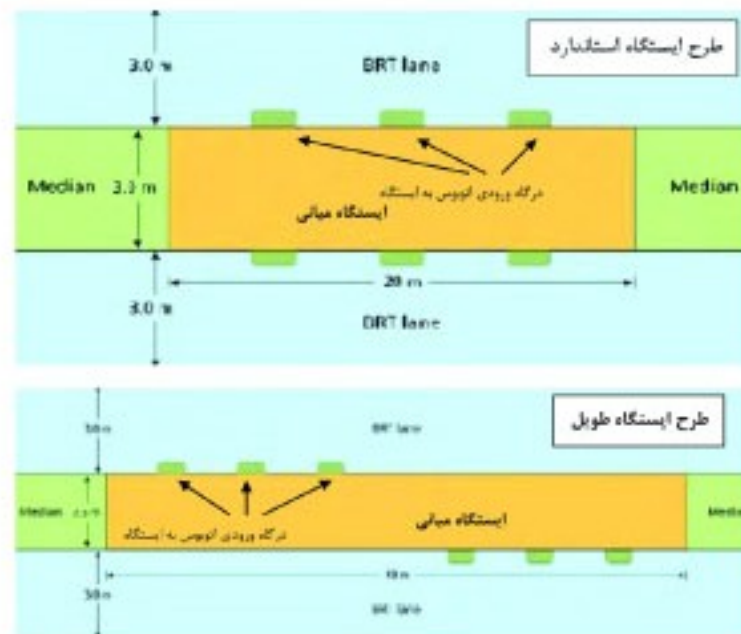


شکل ۳-۳-۱۰- طول اجزای ایستگاه BRT (۳)



شکل ۳-۳-۱۱- طول اجزای ایستگاه BRT (۴)

برای توقف های همزمان فرض شده است که اتوبوس عقبی یا فاصله ۱/۵ متر پس از اتوبوس جلوتر حرکت خواهد کرد. اگر اتوبوس دارای باربند دوچرخه نیز باشد این فاصله باید برابر ۲/۷ متر رعایت گردد. اگر اتوبوس عقب امکان حرکت قبل از اتوبوس جلوتر را داشته باشد، فاصله بین دو وسیله هنگام خارج شدن از ایستگاه به عرض خطی که به آن وارد می شوند بستگی خواهد داشت [۴]. طول ایستگاه های میانی خطوط BRT با توجه به نوع فرارگیری درب های ایستگاه مطابق شکل (۳-۳-۱۲) است [۵].



شکل ۳-۳-۱۲- مقایسه طرح یک ایستگاه استاندارد و یک ایستگاه طولی

۳-۴- سطح اشباع ایستگاه

سطح اشباع یک ایستگاه به مدت زمانی که یک خودروی متوقف در ایستگاه پر می شود نسبت به واحد زمان بر حسب ساعت گفته می شود [۵]. جدول (۳-۴-۱) مقادیر سطوح اشباع ایستگاه را در شرایط مختلف ترافیکی نشان می دهد.

جدول ۳-۴-۱- سطوح مختلف اشباع ایستگاه

سطح اشباع	شرایط
۰/۳	وضعیت بهینه اشباع ایستگاه
۰/۶	خطر ازدحام شرایط و فروپاشی سیستم
< ۰/۸۵	سطح خدمات قابل قبول (افزایش ترافیک تاثیر اندکی بر میانگین سرعت دارد)
۰/۸۵	قابل قبول برای ترافیک مختلط شهری
> ۰/۸۵	کاهش شدید سرعت

* در برخی مکانهای خاص قابل چشم پوشی است. بخصوص اگر در طول مسیر یکسان نباشد.

البته در ایستگاه های BRT یک نقطه بحران مشخص وجود ندارد. از آنجا که فعالیت اتوبوسرانی پیچیده و نامنظم است ایستگاه ها می توانند گاهی حتی در سطوح اشباع پایین ۰/۱ تا ۰/۳ نیز شلوغ شوند [۵].

به طور کلی ایستگاه ها باید دارای کمتر از ۴۰ درصد اشباع باشند زیرا در غیر اینصورت خطر ازدحام به شدت افزایش می یابد.

یک نقطه روشن که در آن سیستم از هم فرو می پاشد وجود ندارد اما مشخص است که اشباع بالای ایستگاه باعث از میان رفتن تدریجی کیفیت خدمات می شود و بدان معناست که صفوف طولانی در توقفگاه وجود دارند [۵].

در سطح اشباع پایین هیچ خودرویی در توقفگاه در صف منتظر مسافر نیست. در سطح اشباع بالاتر از ۱ سیستم فاقد ثبات است زیرا تا زمانی که سیستم حرکت نکند به طول صفوف افزوده می شود [۵].

۳-۵- فاصله ایستگاه ها

فاصله ایستگاه ها باید به اندازه ای باشد که زمان توقف را به حداقل برساند و در عین حال به اندازه کافی به هم نزدیک باشد تا اکثر افراد منطقه امکان دسترسی به آن را داشته باشند.

طیف معمول مسافت ها بین ۳۰۰ تا ۷۰۰ متر است. با پرهیز از مسافت های دارای توقف کوتاه، میزان کلی زمان سفر بدلیل میانگین بالای سرعت خودروها کاهش می یابد.

معمولاً بهتر است در مسیرهای BRT خارج از خیابان که در بخش مرکزی شهر قرار دارد سه ایستگاه به فاصله ۲/۱ تا ۲/۲۵ کیلومتر از هم پیش بینی شود. این امر بمنظور جلوگیری از ازدحام مسافرین پیاده و سوار شده و در نتیجه افزایش زمان پیاده و سوار شدن ضروری است [۱].

به منظور تأمین دسترسی مناسب ایستگاه های اتوبوسرانی می بایست بر اساس سیستم و مد مورد استفاده برای انتقال به ایستگاه، فاصله های استاندارد توصیه شده در جدول (۳-۵-۱) رعایت گردد [۹]. همچنین باید فاصله ایستگاه با توجه به نوع کاربری زمین در نظر گرفته شود (جدول (۳-۵-۲)) [۱۰].

جدول ۳-۵-۱- استاندارد فاصله ایستگاه اتوبوس تندرو برای مدهای مختلف

فاصله	مهمترین مرکز مربوط به هر مد
۴۰۰ - ۵۵۰ متر	عابر پیاده
۸۰۰ - ۱۶۰۰ متر	اتوبوس
۳۲۰۰ متر	تاکسی

جدول ۳-۵-۲- فواصل ایستگاه های اتوبوس به صورت تقریبی بر حسب نوع منطقه

فاصله معمول (m)	دامنه قابل قبول (m)	منطقه ی متأثر از ایستگاه
۱۸۰	۹۲ - ۳۰۵	مرکز فعالیت های تجاری
۲۳۰	۱۵۰ - ۳۶۵	نواحی شهری
۳۰۵	۱۸۳ - ۷۶۳	نواحی حومه شهر
۳۸۰	۲۰۰ - ۸۰۵	نواحی روستایی

۴- مشخصات اتوبوس تندرو BRT

نقش وسیله نقلیه در عملکرد سیستم اتوبوسرانی بسیار اثرگذار است، بگونه ای که فاکتورهایی نظیر سرعت، ایمنی، ظرفیت، راحتی مسافر و ... کاملاً تحت تاثیر وسیله نقلیه مورد استفاده است [۱۱].
جدول (۴-۱) استاندارد ابعاد اتوبوس های تندرو مورد استفاده در آمریکا و کانادا و جدول (۴-۲) مشخصه های اتوبوس های استاندارد و مفصلی را نشان می دهد.

جدول ۴-۱- استاندارد ابعاد و ظرفیت وسایل نقلیه اتوبوس تندرو در آمریکا و کانادا

طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع کف اتوبوس از سطح خیابان (سانتی متر)	تعداد درب (ورودی و خروجی)	تعداد صندلی	ماکزیمم ظرفیت (نشسته و ایستاده)
۱۲/۲	۲/۴۵-۲/۶	۲۳-۹۲	۲-۵	۳۵-۴۴	۵۰-۶۰
۱۳/۸	۲/۴۵-۲/۶	۲۳-۹۲	۲-۵	۳۵-۵۲	۶۰-۷۰
۱۸	۲/۵-۲/۶	۲۳-۹۲	۴-۷	۳۱-۶۵	۸۰-۹۰
۲۴	۲/۵-۲/۶	۲۳-۹۲	۷-۹	۴۰-۷۰	۱۱۰-۱۳۰

جدول ۴-۲- مشخصه های اتوبوس های استاندارد و مفصلی

توضیحات	ظرفیت نشسته و ایستاده	ظرفیت نشسته	تعداد درب	ارتفاع کف (سانتی متر)	طول بدنه (متر)	نوع اتوبوس
دارای پل قابل حمل برای صندلی های چرخدار و افراد ناتوان	۵۰-۶۰	۳۵-۴۴	۲ <	۳۰	۱۲ الی	معمولی استاندارد
---	۶۰-۷۰	۳۵-۵۲	۲	تیمه بلند	۱۸	مفصلی معمولی
		۶۵	الی			
		۳۱	۴			

اتوبوس های استاندارد اصلاح شده تمامی جنبه های اتوبوس استاندارد با کف معمولی را دارند و بدنه آنها طوری طراحی شده است که مدرن تر، آیرودینامیک تر و جذاب تر به نظر برسد. ظرفیت آنها نیز تقریباً با نمونه های استاندارد معمولی برابر است.

اتوبوس های مفصلی اصلاح شده دارای ارتفاع کم کف، وجود حداقل سه در با سیستم کشویی و پل های قابل حمل از جمله امکاناتی هستند که به منظور کاهش زمان توقف برای سوار و پیاده شدن ایجاد شده اند [۱۲].

مدت زمان ایستادن در اتوبوس: سیاست بسیاری از مسئولان حمل و نقل همگانی بر این پایه استوار است که در سفرهای طولانی هیچکدام از مسافران نباید بیش از ۲۰ تا ۳۰ دقیقه ایستاده باشند. در این حالت فضای داخلی بر اساس حداکثر نمودن تعداد صندلی

تعداد درب: به ازای هر ۳ متر طول وسیله نقلیه باید حداقل یک درب جهت ورود و خروج در نظر گرفته شود. در گذرگاه هایی که حجم مسافر زیاد است و میزان سوار و پیاده شدن قابل توجه است این تعداد باید افزایش یابد [۷].

ارتفاع کف: اتوبوس های تندرو دارای یکی از سه ارتفاع پایین، تا حدی پایین و بلند می باشند. ارتفاع کف در حالت ارتفاع پایین معمولاً بین ۲۸ تا ۳۳ سانتی متر از سطح روسازی است در صورتیکه وسایل با ارتفاع بلند بین ۶۰ تا ۸۵ سانتی متر از سطح روسازی فاصله دارد. برای از بین بردن اختلاف ارتفاع استفاده از پل ها یا درپوش های فلزی که بر روی درب وسیله نقلیه تعبیه می شوند استفاده می شود [۷].

۵- شاخصه های ترافیکی سیستم

۵-۱- سرفاصله سرویس دهی

مقادیر استاندارد سرفاصله برای انواع سرویس دهی اتوبوسرانی در جدول (۵-۱-۱) آورده شده است [۹].

جدول ۵-۱-۱- استاندارد سرفاصله سرویس دهی

نوع سرویس دهی		ساعات اوج	پسامد سرویس دهی (سرفاصله) بر حسب دقیقه در هر مسیر
		میان روز	عصر
توقف در تمام ایستگاه ها		۸	۸-۱۲
سریع السیر		۸-۱۲	۱۰-۱۲
تغذیه کننده		۵-۱۵	۱۰-۳۰
سریع السیر حومه به مرکز شهر		۱۰-۲۰	---
ارتباط دهنده مسیرهای اتوبوس		۵-۱۵	۱۰-۳۰

مطلوبیت نسبی سرویس دهی در ساعات اوج و غیر اوج ترافیک در مسیرهایی با تقاضای بالای مسافران در جداول (۵-۱-۲) و (۵-۱-۳) آورده شده است. از آنجا که در ساعات اوج ترافیک حجم بالاتری از مسافران تحت تأثیر پسامد سرویس دهی می باشند، سطح مطلوبیت در ساعات غیر اوج ترافیک از این سطح در ساعات اوج پایین تر می باشد. به همین علت در ساعات اوج ترافیک ۴ سطح مطلوبیت و در ساعات غیر اوج سه سطح از مطلوبیت تعریف شده است [۱۳].

جدول ۵-۱-۲- سطح مطلوبیت سرفاصله سرویس دهی BRT در ساعات اوج ترافیک

سطح مطلوبیت	سرفاصله سرویس دهی BRT
۴	۳ >
۳	۵-۳
۲	۷-۵
۱	۱۰-۷

جدول ۳-۱-۵- سطح مطلوبیت سرفاصله سرویس دهی BRT در ساعات غیر اوج ترافیک

سطح مطلوبیت	سرفاصله سرویس دهی BRT
۳	$7 >$
۲	۱۵-۸
۱	$15 <$

سرویس دهی در ساعات میانی شب و روزهای آخر هفته مطلوبیت سیستم BRT را افزایش می دهد. در منبعی دیگر براساس سرفاصله سرویس دهی اتوبوس های تندرو، سطح سرویس دهی برای خطوط BRT قابل تعریف است. جدول (۴-۱-۵) سطح سرویس های مختلف در ازای سرفاصله های گوناگون را نشان می دهد [۱۰].

جدول ۴-۱-۵- رابطه سرفاصله و سرویس دهی سیستم

توضیحات	Veh/h	متوسط سرفاصله (دقیقه)	سطح سرویس
مسافرین نیازی به برنامه ریزی سفر ندارند	> 6	< 10	A
سرویس دهی زود به زود انجام می شود	۵-۶	۱۰-۱۴	B
حداکثر زمان انتظار قابل قبول	۳-۴	۱۵-۲۰	C
سیستم مطلوبیتی جهت جذب مسافر ندارد	۲	۲۱-۳۰	D
در هر ساعت یک اتوبوس وارد ایستگاه می شود	۱	۳۱-۶۰	E
سیستم فاقد مطلوبیت است	< 1	> 60	F

۲-۵- زمان سوار و پیاده شدن

میانگین زمان سوار شدن برای هر مسافر به ازای هر درب برای انواع مختلف سیستم های جمع آوری کرایه متغیر است. این مقادیر در جدول (۱-۲-۵) آورده شده اند [۱۰].

جدول ۵-۲-۱- مدت زمان سوار و پیاده شدن (ثانیه/مسافر)

مقدار پیش فرض (سوار شدن تنها از یک درب)	بازه زمانی مشاهده شده	روش پرداخت کرایه/محل پیاده شدن
سوار شدن		
۲/۵	۲/۲۵-۲/۷۵	پیش پرداخت (کارت عبور ^۱ بدون کرایه، انتقال آزاد (بین خطوط)، پرداخت در زمان پیاده شدن)
۳/۵	۳-۳/۷	کارت هوشمند ^۲
۳/۵	۳/۴-۳/۶	تک بلیت معمولی یا ژتون ^۳
۴	۳/۶-۴/۳	پول خرد
۴/۲	۴/۲	کارت الکترونیکی ^۴ (کشیدن یا وارد کردن)
پیاده شدن		
۲/۱	۱/۴-۲/۷	درب عقب
۳/۳	۲/۶-۳/۷	درب جلو

در صورتی که در اتوبوس مسافری ایستاده ای وجود داشته باشد باید ۰/۵ ثانیه به زمان سوار شدن اضافه شود. در صورتی که اتوبوس با کف کم ارتفاع باشد باید مقدار ۰/۵ ثانیه از زمان سوار شدن و ۱ ثانیه از زمان پیاده شدن به ازای هر مسافر کاسته شود. زمان سوار شدن معلولین دارای ویلچر ۲۷/۴ ثانیه برای زمانی که رمپ ورودی به اتوبوس وجود دارد و ۴۶/۴ ثانیه برای زمانی که اختلاف ارتفاع کف ایستگاه و کف اتوبوس وجود داشته باشد در نظر گرفته می شود [۱۱].

۵-۳- سرعت سیستم

چگونگی سرویس دهی بر سرعت سیستم اثر مستقیم دارد، به گونه ای که در جدول (۵-۳-۱) سرعت سیستم بر اساس فاصله ایستگاهها و چگونگی سرویس دهی آورده شده است [۲].

^۱ کارتهایی که توسط سیستم حمل و نقل فروخته می شوند و توسط آن برای دوره زمانی مشخصی و به تعداد نامحدود اجازه سفر بدون پرداخت کرایه وجود دارد.

^۲ کارتی است در اندازه کارت اعتباری که در آن تراشه های مداری به شکل یکپارچه در داخل کارت تعبیه می شود. کاربرد اولیه این کارت محدود به کارت تلفن بوده که وجه آن قبلاً پرداخت شده بود [۱۱].

^۳ ژتون ها توسط نمایندگی های حمل و نقل همگنی سکه زده شده و با نشانه و کد مخصوص مشخص شده اند و برای هر سفری صرفنظر از هزینه آن سفر قابل استفاده اند.

^۴ نوعی کارت پلاستیکی با نوار مغناطیسی روی آن است که حاوی اطلاعات کدگذاری شده بوده و با عبور کارت از یک شکاف یا وارد کردن آن به شکاف دستگاه، درب باز شده و مسافر سوار می شود.

جدول ۵-۳-۱- سرعت سیستم اتوبوس رانی بر اساس فاصله ایستگاه ها

فاصله ایستگاه ها (متر)	تعداد توقف در هر ۱/۵ کیلومتر	سرعت (کیلومتر بر ساعت)	
		توقف ۲۰ ثانیه ای	توقف ۳۰ ثانیه ای
۴۰۰	۴	۲۹	۲۶
۸۰۰	۲	۴۰	۳۵
۱۶۰۰	۱	۵۴	۵۰
۲۴۰۰	۰/۷	۶۷	۶۱
۳۲۰۰	۰/۵	۷۰	۶۴

سرعت طرح باید در حدود ۱۰۰ تا ۱۱۵ کیلومتر بر ساعت برای اتوبوس در مسیرهای اختصاصی (خارج از خیابان) BRT و ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت برای سایر مسیرهای اتوبوس باشد [۶].

۴-۵- شتاب وسیله

شتاب افزایشی نرمال اتوبوس باید ۲/۴ کیلومتر بر ساعت در ثانیه و شتاب کاهنده نرمال برابر ۳/۲۲ کیلومتر بر ساعت در ثانیه باشد. در شرایط اضطراری هنگامیکه مسافر ایستاده در اتوبوس حضور دارد، شتاب کاهشی نباید از ۹/۶۵ - ۸ کیلومتر بر ساعت در ثانیه تجاوز کند [۳].

۶- تسهیلات مسافری

نقاطی که نیاز به ساخت و اجرای تسهیلات ویژه عابرین در آنها وجود دارد، راه های شریانی و نیز تقاطعاتی است که سرعت وسایل نقلیه در آنها بالاتر از ۴۰ کیلومتر بر ساعت است [۱۵].

ایجاد محیطی مناسب برای انتظار مسافران در ایستگاه ها امری ضروری است از این رو مهمترین شاخصه های یک ایستگاه خط BRT عبارتند از [۱۰]:

- عبور ایمن از عرض مسیر
- روشنایی کافی
- ایجاد امنیت: با تامین نور کافی، نصب دوربین های مداربسته و دستگاه ارسال پیام در مواقع اضطراری و استفاده از مواد شفاف در بدنه ایستگاه [۱۱].
- سطح روسازی شده
- فضای حفاظت شده از شرایط جوی
- نیمکت (در صورتی که مدت زمان انتظار طولانی باشد)
- اطلاعات خطوطی که در ایستگاه توقف می کنند.

علایم برجسته شناسایی ایستگاه، نقشه مسیرهای حمل و نقل همگانی و نقشه های مناطق محلی هر منطقه باید در هر ایستگاه مربوط به منطقه مورد نظر نصب شود، بطوریکه استفاده از آنها برای همه امکان پذیر باشد. در این علایم باید ایستگاه های سیستم اتوبوس تندرو از دیگر ایستگاه های اتوبوس معمولی متمایز شده باشند. علایم لامسه و اطلاع رسانی صوتی نیز می تواند در ایستگاه ها برای افرادی که از نظر بینایی مشکل دارند تعبیه شوند.

سرپناه ها: سرتاسر سکوی ایستگاه ها را باید سرپناه ها پوشش دهند، بطوریکه تمام محل های ورود به وسایل نقلیه تحت حمایت سرپناه ها قرار گیرند. به منظور ایجاد حفاظ هایی در برابر باد، سرپناه ها باید حداقل در یک سمت داراری شیشه محافظ باشند. همچنین آن ها باید از مصالح در دسترس، بادوام، مقاوم در برابر تخریب و در عین حال با نگهداری آسان برای بهره برداران ساخته شوند [۱۷].

در طراحی اتوبوس ها نیز باید قابل دسترس بودن آن توسط معلولین به طور ویژه مدنظر قرار گیرد. نقاط ورودی اتوبوس ها و نیز طراحی محوطه داخلی آن برای سهولت استفاده از آن توسط معلولین از مواردی است که باید مورد توجه قرار گیرند. بعنوان مثال فضای خالی بین اتوبوس ها و سکوی ایستگاه ها می تواند از موانعی باشد که سیستم را برای افراد معلول غیر قابل استفاده نماید.

شیب پیشنهادی رمپ ها در نقاط ورودی ایستگاه ها و نیز اتوبوس ها باید با لحاظ کردن محدودیت های افراد معلول طراحی شوند. جدول (۶-۱) شیب های پیشنهادی را با توجه به موارد استفاده از آن ها برای رمپ ها ارائه می کند. عرض رابط ها (سطح شیبدار متصل کننده پیاده رو و سکو) نیز باید با عرض پیاده رو یکسان باشد [۱].

جدول ۶-۱- شیب پیشنهادی با توجه به موارد استفاده از رمپ

شیب رمپ	نوع	حداکثر طول افقی
٪۱۰	مسافت های کوتاه	۱ متر
٪۸	اکثریت معمول رمپ ها	۲ متر
٪۵	شیب ایده ال	۱۰ متر

ابعاد پیشنهادی برای شمارشگر ها (در محل دریافت کرایه) بمنظور ایجاد امکان استفاده از آن ها برای افراد معلول عبارتست از:

- ارتفاع ۸۰ سانتی متر
- عمق ۵۰ سانتیمتر
- عرض ۹۰ سانتیمتر
- فضای باز جلوی محوطه دریافت بلیط ۱۲۰ سانتیمتر

چنانچه ایستگاه ها نسبت به سطح خیابان دارای ارتفاع باشند، باید تمهیدات لازم برای استفاده توسط معلولین اندیشیده شود. استفاده از آسانسور بهترین راه حل در این زمینه است و علاوه بر آن می توان از قرار دادن رمپ با شیب آرام نیز استفاده نمود [۱].

۷- اولویت عبور و فازبندی چراغ

حق تقدم عبور اتوبوس ها از تقاطع در مسیر تندرو باید بصورت تمديد زمان سبز یا سبز شدن چراغ در تقاطع های چراغدار با عبور از روی حسگرهای نصب شده در مسیر حرکت اتوبوس ها انجام گیرد. ایجاد سیستم اولویت دهی به اتوبوس ها در تقاطعات می تواند هم متوسط و هم وارپاس زمان سفر را کاهش دهد. معمولاً ۱۰ تا ۱۵ درصد کاهش زمان حرکت اتوبوس ها مورد انتظار است [۱].

ارجحیت دادن به مسیر BRT نسبت به خیابانهایی که فاقد خدمات حمل و نقل عمومی هستند بصورت افزایش زمان سبز خطوط BRT نسبت به خیابان محل فعالیت آن، اولویت دهی منفعل به سیستم BRT گفته می شود [۵].

جدول (۷-۱) مقادیر معمول زمان بندی چراغ راهنمایی را برای سیستم BRT نشان می دهد.

جدول ۷-۱- مقادیر معمول زمان بندی چراغ برای سیستم BRT

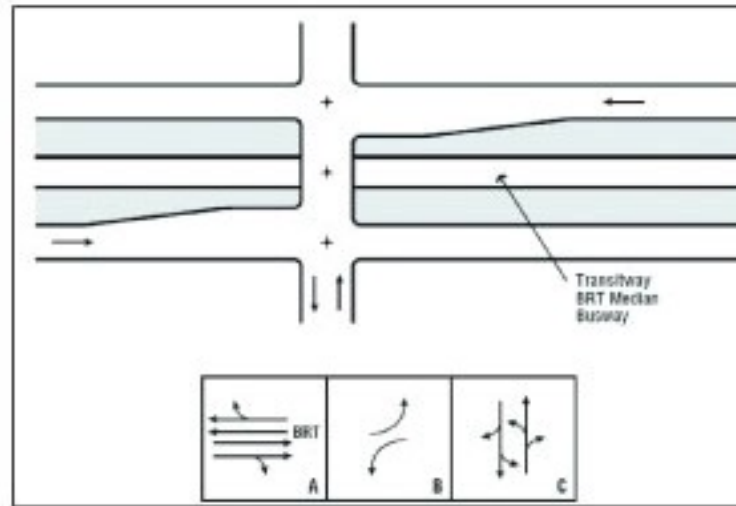
پارامتر	مقدار معمول	الزامات
طول سیکل	۴۰-۶۰ ثانیه	-
طول سیکل	۱۲۰ ثانیه	در تقاطع های مهم و در ساعت اوج
زمان قرمز	۵۰٪ طول سیکل	-
زمان سبز	۳۰ ثانیه	در سیکل ۶۰ ثانیه ای
زمان سبز	۴۰-۶۰ ثانیه	در سیکل ۱۲۰ ثانیه ای

اگر سرعت خودروهای BRT به شکلی منطقی قابل پیش بینی باشد و فاصله تقاطع ها کمتر از ۱/۴ کیلومتر باشد، می توان چراغ راهنما را در مسیر BRT هماهنگ نمود.

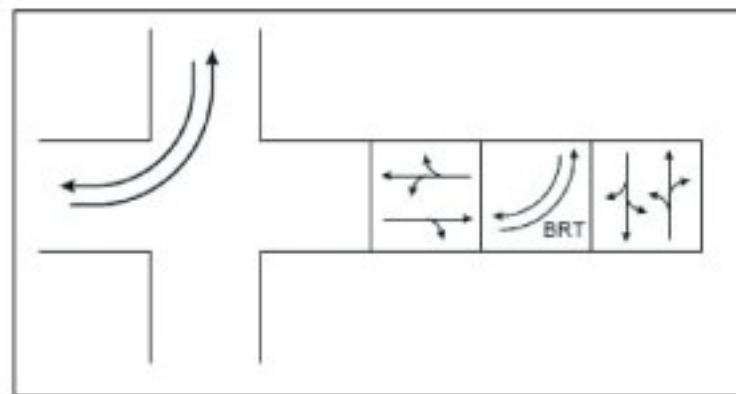
در روش اولویت دهی فعال، زمانی که خودروی BRT در حال ورود به ایستگاه است باعث تغییر زمانبندی چراغ می شود. در مسیرهایی که حجم اتوبوس نسبتاً پایین است (به ویژه هنگامی که سرفاصله زمانی اتوبوس ها بیش از ۵ دقیقه باشند)، اهمیت حق تقدم اتوبوس BRT نسبت به سرعت وسایل شخصی بیشتر است. در سرفاصله های زمانی کمتر از ۲/۵ دقیقه اجرای اولویت دهی فعال باعث خواهد شد تا جهت خودروهای غیر BRT اغلب قرمز باشد [۵].

اتوبوس های BRT در تقاطعات موجب محدودیت دید برای وسایل گردشی به چپ می شوند. در این حالت باید تقاطع چراغدار و یا گردش به چپ ها در یک فاز جداگانه باشند، مگر اینکه حجم گردش به چپ ها بسیار کم باشد. البته در این حالت نیز بهتر است تمام گردش به چپ ها با هم انجام نشوند [۳].

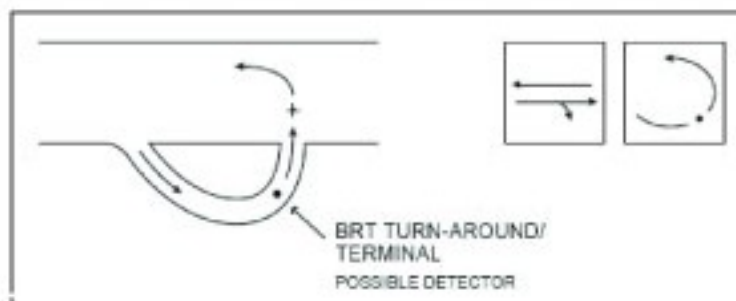
نمونه فازبندی چراغ برای مسیره های BRT در اشکال (۷-۱) تا (۷-۳) آورده شده است [۳].



شکل ۷-۱- فازبندی پیشنهادی در تقاطعات معابر شریانی با مسیر میانی BRT



شکل ۷-۲- فازبندی پیشنهادی در تقاطعات با گردش به چپ اتوبوس BRT



شکل ۷-۳- فازبندی پیشنهادی در ورودی پایانه BRT

۸- علائم مسیر BRT

تابلوه‌ها و علائم مخصوص خطوط سیستم BRT لوزی شکل می‌باشند و این مفهوم را دارند که وسایل شخصی باید از ورود به خطی که دارای علامت لوزی است اجتناب نمایند. علائم و تابلوهای این خطوط در مناطقی که مسیر سیستم حمل و نقل همگانی و یا خطوط اتوبوس BRT در شریاتی‌ها واقع می‌باشند، در تقاطع‌ها در تمامی جهات نصب می‌شوند. مشخص‌کننده‌های مسیر مانند برجسته نمودن آسفالت، خطوط رنگی، لبه‌های برجسته و یا برآمدگی در روسازی، همچنین اجرای رنگهای روسازی به وسیله آسفالت یا بتن رنگی می‌توانند خطوط BRT را متمایز نمایند [۱۷].

۹- روسازی مسیر BRT

روسازی مسیر از انواع و با مشخصات زیر باید اجرا گردد [۳]:

- روسازی صلب با عمق ۱۷۵ تا ۲۵۰ میلیمتر با بتن سیمانی پرتلند به علاوه ۱۵۰ میلیمتر عمق لایه اساس دانه شکسته (طول عمر ۴۰ ساله).
 - روسازی انعطاف پذیر با عمق ۱۷۵-۱۲۵ میلیمتر از بتن آسفالتی به علاوه ۳۷۵-۳۰۰ میلیمتر لایه اساس دانه شکسته (طول عمر ۲۰ ساله).
 - طول عمر آسفالت با اندود ۵ سانتیمتر بین ۱۲ تا ۱۵ سال خواهد بود.
- تجربه نشان داده است که روسازی صلب در محل توقف اتوبوس و در تقاطعات دوام بیشتری دارد. بنابراین در این مکان‌ها اجرای روسازی صلب پیشنهاد می‌گردد. رنگ آمیزی رویه راه و یا مصالح مورد استفاده باید بگونه‌ای انتخاب شوند که بخوبی متمایز کننده مسیر BRT از مسیر سواره باشند [۳].

۱. طراحی شبکه پرسرعت ناوگان اتوبوسرانی شهر تهران، جلد هفتم، اصول و مدل‌های طراحی شبکه BRT
2. Urban Transit, Operations, Planning and Economics. Yukan R.Vuchic. 2004
3. Bus Rapid Transit – Implementation Guidelines, TCRP Report 90 – volume II, 2003.
4. Bus Rapid Transit Service Design Guidelines, VTA Transit Sustainability Policy 2007.
۵. سامانه اتوبو سهای تندرو، راهنمای برنامه ریزی ۲۰۰۷، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، زمستان ۱۳۸۸
6. Bus Rapid Transit – Practitioner’s Guide, TCRP Report 118 – 2007.
۷. راهنمای شناسایی خصوصیات سیستم اتوبوس تندرو (BRT)، وزارت کشور، معاونت عمرانی، دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، زمستان ۱۳۸۶.
8. Recommended Practice for Bus Rapid Transit Running Ways, The American Public Transportation Association (APTA), 2009.
۹. بررسی و امکانسنجی احداث خط اتوبوس تندرو در بزرگراه های اشرفی اصفهانی و محمدعلی جناح (BRT۱۰)، پاییز ۸۹.
10. Transit Capacity and Quality of Service Manual- 2nd edition, TCRP, Report 100.
11. Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making, Booz Allen Hamilton, Inc., August 2004.
۱۲. دائرة المعارف مهندسی ترافیک، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران.
13. Recapturing Global Leadership in Bus Rapid Transit A Survey of Select U.S. Cities, ITDP, May 2011.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.